# TEKNIK PEMESINAN CNC DASAR

## KELAS XII – SEMESTER 5

**KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN**

DIREKTORAT PEMBINAAN SMK

**2013**

# KATA PENGANTAR

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi mengetahuan, ketrampilan dan sikap secara utuh, proses pencapaiannya melalui pembelajaran sejumlah mata pelajaran yang dirancang sebagai kesatuan yang saling mendukung pencapaian kompetensi tersebut

Sesuai dengan konsep kurikulum 2013 buku ini disusun mengacau pada pembelajaran *scientific approach,* sehinggah setiap pengetahuan yang diajarkan, pengetahuannya harus dilanjutkan sampai siswa dapat membuat dan trampil dalam menyajikan pengetahuan yang dikuasai secara kongkrit dan abstrak bersikap sebagai mahluk yang mensyukuri anugerah Tuhan akan alam semesta yang dikaruniakan kepadanya melalui kehidupan yang mereka hadapi.

Kegiatan pembelajaran yang dilakukan siswa dengan buku teks bahan ajar ini pada hanyalah usaha minimal yang harus dilakukan siswa untuk mencapai kompetensi yang diharapkan, sedangkan usaha maksimalnya siswa harus menggali informasi yang lebih luas melalui kerja kelompok, diskusi dan menyunting informasi dari sumber sumber lain yang berkaitan dengan materi yang disampaikan.

Sesuai dengan pendekatan kurikulum 2013, siswa diminta untuk menggali dan mencari atau menemukan suatu konsep dari sumber sumber yang pengetahuan yang sedang dipelajarinya, Peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaiakan daya serap siswa dengan ketersediaan kegiatan pembelajaran pada buku ini. Guru dapat memperkaya dengan kreasi dalam bentuk kegiatan kegiatan lain yang sesuai dan relevan yang bersumber dai lingkungan sosial dan alam sekitarnya

Sebagai edisi pertama, buku teks bahan ajar ini sangat terbuka dan terus dilakukan perbaikan dan penyempurnaannya, untuk itu kami mengundang para pembaca dapat memberikan saran dan kritik serta masukannya untuk perbaikan dan penyempurnaan pada edisi berikutnya. Atas konstribusi tersebut, kami ucapkan banyak terima kasih. Mudah-mudahan kita dapat memberikan hal yang terbaik bagi kemajuan dunia pendidikan dalam rangka mempersiapkan generasi emas dimasa mendatang .

Bandung , November 2013

Penyusun

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

# DAFTAR ISI


DAFTAR ISI .......... ii

PETA KEDUDUKAN BUKU TEKAS BAHAN AJAR .......... viii

GLOSARIUM.......... ix

BAB I PENDAHULUAN .......... 1

A. Deskripsi .......... 1

B Prasyarat.......... 2

C. Petunjuk penggunaan .......... 2

D. Tujuan Akhir .......... 3

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar.......... 4

F. Cek Kemampuan Awal .......... 6

BAB II KEGIATAN BELAJAR .......... 11

A. Deskripsi .......... 11

B. Kegiatan Belajar .......... 13

1. Kegiatan Belajar 1 TEKNOLOGI DASAR CNC .......... 14

a. Tujuan Pembelajaran .......... 14

b. Uraian Materi .......... 14

1.1 Konsep Dasar Sistem Pemesinan CNC .......... 14

1.2 Dasar-Dasar Kontrol Numerik .......... 16

1.3 Keuntungan Sisten NC .......... 23

1.4 Klasifikasi Sistem NC .......... 27

1.5 NC dan CNC .......... 32

1.6 Sistem Loop-Terbuka dan Loop-Tertutup .......... 34

c. Tugas dan Tes Formatif .......... 37

2. Kegiatan Belajar 2 MESIN BUBUT CNC .......... 39

a. Tujuan Pembelajaran .......... 39

b. Uraian Materi .......... 39

2.1 Bagian-Bagian Utama Mesin Bubut CNC .......... 39

2.2 Motor Utama dan Amperemeter .......... 40

2.3 Pemegang Pahat .......... 44

2.4 Kepala Lepas .......... 47

c. Tes Formatif .......... 48

3. Kegiatan Belajar 3 KONTROL MESIN BUBUT CNC ....... 50
a. Tujuan Pembelajaran .................................................. 50
b. Uraian Materi .......................................................... 50
3.1 Pelayanan Manual ..................................................... 50
3.2 Pelayanan CNC ......................................................... 57
i. Sistem Koordinat mesin bubut CNC ...................... 60
c. Lembar Tugas ............................................................ 61
d. Tes Formatif ............................................................. 63
4. Kegiatan Belajar 4 TEKNOLOGI PEMOTONGAN .......... 64
a. Tujuan Pembelajaran .................................................. 64
b. Uraian Materi .......................................................... 64
4.1 Kualitas Hasil Pemesinan ........................................... 65
4.2 Pertimbangan dan Perencanaan Mesin Perkakas CNC.. 72
c. Tugas dan Tes Formatif .................................................. 76
5. Kegiatan Belajar 5 LANDASAN PEMPROGRAMAN ............ 77
a. Tujuan Pembelajaran .................................................. 77
b. Uraian Materi .......................................................... 77
5.1 Sistem Koordinat Mesin CNC .................................... 77
5.2 Dasar-Dasar Pemprograman ..................................... 78
5.3 Informasi Geometris .................................................. 82
5.4 Metoda Pemprograman .............................................. 84
5.6 Blok Format Pemprograman, Fungsi Kerja (G) dan Fungsi Miscellaneous .................................................. 86
c. Tugas dan Tes Formatif .............................................................93
6. Kegiatan Belajar 6 FUNGSI KERGA-G DALAM ROGRAMAN CNC ........................... 95
a. Tujuan Pembelajaran .................................................. 95
b. Uraian Materi .......................................................... 95
6.1 G00 - Rapid Traverse - Lintasan Cepat ........................ 97
6.2 G01 - Interpolasi Linier - Gerakan Sisipan Lurus .......... 98
6.3 G02 dan G03 - Interpolasi Radius Gerakan Sisipan Radius ..................................................................... 107
6.4 G04 - Waktu Tinggal Diam ........................................... 120
6.5 G21 - Blok Sisipan - Blok Kosong ................................ 121
6.6 G24 - Penetapan Nilai Radius Pada Pemprograman Nilai Absolut ..................................................... 122

6.7 G25 - Pemanggilan Sub-Progran — Berpasangan dengan M17 .................................................................. 123
6.8 G27 - Pelompatan Blok ............................................. 129
6.9 G33 - Penguliran dengan Lintasan Tunggal ............... 131
6.10 G64 - Pemutusan Arus ke Motor Langkah .................. 138
6.11 G65 - Pelayanan Kaset atau Disket ............................ 140
6.12 G66 - Pelayanan Antar Aparat RS 232 ....................... 141
6.13 G73 - Siklus Pemboran dengan pemutusan Tatal ..... 142
6.14 G78 - Siklus Penguliran ............................................... 144
6.15 G81 - Siklus Pemboran ................................................. 149
6.16 G82 - Siklus Pemboran dengan Tinggal Diam ............. 150
6.17 G83 - Siklus Pemboran Dengan Program Penarikan ... 152
6.18 G84 - Siklus Pembubutan Memanjang............................ 153
6.19 G85 - Siklus Perimeran (Peluasan Lubang) ............. 158
6.20 G86 - Siklus Pengaluran ............................................. 159
6.21 G88 - Siklus Pembubutan melintang ........................... 161
6.22 G89 - Siklus Perimeran dengan tinggal diam ............. 165
6.23 G90 - Pemprograman Nilai Absolut .............................. 166
6.24 G91 - Pemprograman Nilai Inkremental ........................ 167
6.25 G92 - Pencatatan Penetapan ................................... 168
6.26 G94- Penetapan Kecepatan Pemakanan ...................... 169
6.27 G95- Penetapan Lebar Penyayatan ............................. 170
c. Tugas .......................................................................... 171
d. Tes Formatif ............................................................. 174
7. Kegiatan Belajar 7 FUNGSI *MISCELLANEOUS* DALAM PROGRAM CNC .............................. 175
a. Tujuan Pembelajaran ................................................. 175
b. Uraian Materi ......................................................... 175
7.1 M00 - Berhenti Antara (Terprogram) .......................... 175
7.2 M03 - Spindel Utama jalan searah putaran jarum jam ... 177
7.3 M05 - Spindel Utama Berhenti .................................... 177
7.4 M06 - Penggantian dan Kompensasi Alat potong ......... 178
7.5 M08 - Pompa Cairan Pendingin ON (Jalan) .................. 179
7.6 M09 - Pompa Cairan Pendingin OFF (Mati).................. 180
7.7 M17 - Perintah Lompat Balik ........................................ 180

7.8 M30 - Penutup Program ............................................ 180
7.9 M99 - Parameter Radius ............................................ 181
c. Tes Formatif ................................................................ 181
8. Kegiatan Belajar 8 MESIN FRAIS CNC .......................... 182
a. Tujuan Pembelajaran ................................................ 182
b. Uraian Materi ......................................................... 182
8.1 Bagian-Bagian Utama ................................................ 182
8.2 Unsur-Unsur Pengendali Umum ................................ 183
c. Tes Formatif ................................................................ 186
9. Kegiatan Belajar 9 PELAYANAN CNC .......................... 180
a. Tujuan Pembelajaran ................................................ 187
b. Uraian Materi ......................................................... 187
9.1 Unsur-Unsur Pengendali - Pelayanan Manual .............. 187
a. Penyetelan Kedudukan Pisau Frais Terhadap Benda Kerja ........................................................ 189
b. Penyetelan titik nol benda kerja ............................ 192
9.2 Unsur-Unsur Pengendali - Pelayanan CNC.............. 195
a. Kombinasi Tombol ............................................. 197
9.3 Pemutusan Arus ke Motor Step..................................... 198
c. Tugas ........................................................................... 200
d. Tes Formatif ................................................................ 202
10. Kegiatan Belajar 10 DASAR-DASAR PEMPROGRAMAN 203
a. Tujuan Pembelajaran ................................................ 203
b. Uraian Materi ......................................................... 203
10.1 Sistem Koordinat Mesin Frais CNC ............................. 203
10.2 Metoda Pemprograman Mesin Frais CNC..................... 206
10.3 G92 — Penggeseran Titik Referensi Terprogram.......... 209
10.4 Pengendalian Pada Mesin Frais CNC .......................... 215
10.5 Jalannya Alat Potong (Pisau Frais) ............................. 217
10.6 Perhitungan Koordinat ................................................ 219
c. Tugas ........................................................................... 222
d. Tes Formatif ................................................................ 224
11. Kegiatan Belajar 11 SISTEM PEMPROGRAMAN FRAIS CNC UNIT DIDAKTIK .......... 225
a. Tujuan Pembelajaran ................................................ 225

b. Uraian Materi .......................................................... 225

11.1 Pengenalan Sistem Pemprograman............................. 226

11.2 Struktur Program ........................................................ 234

c. Tes Formatif .............................................................. 235

12. Kegiatan Belajar 12 FUNGSI KERJA G .......................... 236

a. Tujuan Pembelajaran ................................................. 236

b. Uraian Materi .......................................................... 236

12.1 G00 - Fungsi Lintasan Cepat .................................. 237

12.2 G01 - Fungsi Interpolasi Linier .................................. 240

12.3 G02 & G03 - Fungsi Interpolasi Radius .................... 254

12.4 G04 - Fungsi Dwell - Diam sessat ............................. 264

12.5 G21 - Blok Kosong .................................................. 265

12.6 G25 - Sub Progra ..................................................... 265

12.7 G27 - Perintah Pelompatan .......................................... 273

12.8 Kompensasi Radius Pisau Frais Sejajar Sumbu .......... 276

12.9 G64 - Pemutusan Arus ke Motor Step ………………… 286

12.10 G71 - Siklus Pemfraisan Kantong .............................. 287

12.11 G73 - Siklus Pemboran Dengan Pemutusan Tatal ........ 291

12.12 G81 - Siklus Pemboran ........................................... 291

12.13 G82 - Siklus Pemboran Dengan Tinggal Diam ........... 292

12.14 G83 - Siklus Pemboran Dengan Penarikan ............... 293

12.15 G85 - Siklus Perimeran (Peluasan Lubang) .............. 295

12.16 G89 - Siklus Perimeran Dengan Tinggal Diam ........... 296

c. Tugas ............................................................................ 300

d. Tes Formatif ................................................................ 315

13. Kegiatan Belajar 13 PEMPROGRAMAN ALAT POTONG.. 316

a. Tujuan Pembelajaran ................................................. 316

b. Uraian Materi .......................................................... 316

13.1 Penentuan Data Alat Potong ............................. 319

13.2 Kompensasi Panjang Alat Potong ............................. 323

13.3 Hubungan Penggeseran Titik Nol Dengan Kompensasi 327

c. Tes Formatif .............................................................. 329

14. Kegiatan Belajar 14 MEMASUKKAN POGRAMAN CNC KE KONTROL MESIN........................... 331

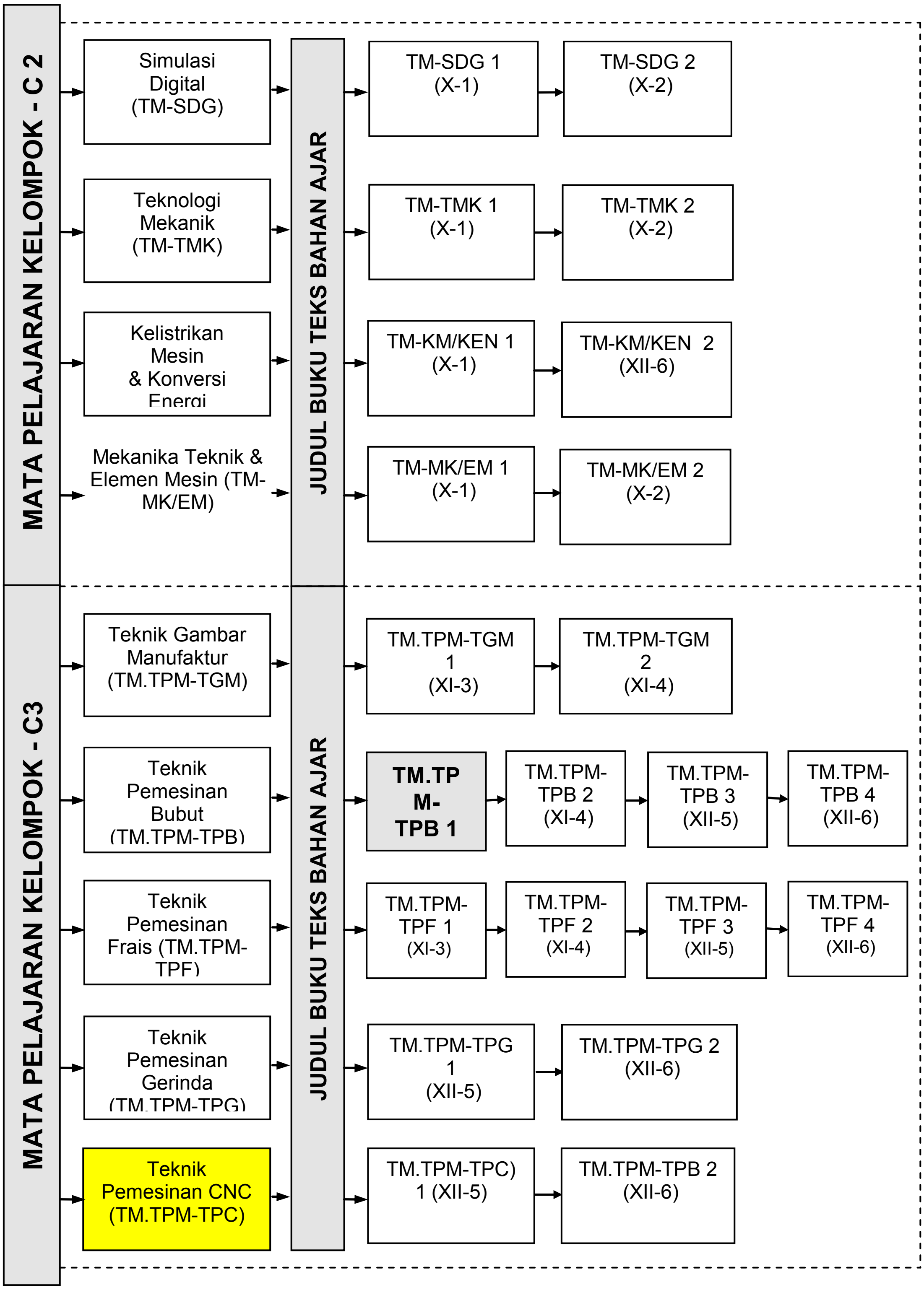
a. Tujuan Pembelajaran ................................................. 331

b. Uraian Materi ........................................................ 331
14.1 Pelayanan Absolut – Inkremental .............................. 333
14.2 Mode Pelayanan Metrik – Inci .................................... 334
14.3 Sistem Persumbuan Tegak – Datar .......................... 335
14.4 Memasukkan Program CNC ...................................... 335
14.5 Tombol Tanda minus ( – ) .............................................. 336
14.6 Tombol Tanda M ........................................................ 340
14.7 Pengambilalihan nilai tersimpan ke dalam blok berikutnya 340
14.8. Menyisipkan dan Menghapus Blok ............................ 340
14.9 Menghapus program tersimpan ................................. 341
14.10 Uji Jalan ……………………………………………… 342
14.11 Pelayanan Blok Tunggal ........................................... 342
14.12 Pelayanan Otomatis/Pemesinan dengan CNC ............ 343
c. Tes Formatif ............................................................ 345
15. Kegiatan Belajar 15 ALARAM ....................................... 347
a. Tujuan Pembelajaran ................................................ 347
b. Uraian Materi ........................................................ 347
13.1 Jenis Alaram .......................................................... 348
13.2 Uraian Tambahan .................................................... 351
c. Tes Formatif ............................................................ 354
BAB III .........................................................
EVALUASI ......................
DAFTAR PUSTAKA ............................................................ 355

## PETA KEDUDUDUKAN BUKU TEKS BAHAN AJAR

Bidang Keahlian : Teknologi Dan Rekayasa

Program Keahlian : Teknik Pemesinan CNC



# GLOSARIUM

- Absolut: Pemprograman berdasarkan satu titik datum, atau titik referensi.
- AC: Adaptive numerically Controlled
- Address T: Alamat Tool, alamat penyimpanan/pemprograman alat potong
- APT: Automatically Programmed Tools atau *Computer Aided Design* (CAD)
- Bit: Binary digit
- BLU: Basic Length Unit
- CAD): *Computer Aided Design*
- CAM: Computer Aided Manufacturing
- Closed Loop System: Pengukuran jarak lintasan dengan umpan balik
- CLU: Control Loops Unit
- CNC Operation: Operasi pemesinan dengan program CNC
- CNC: Computer Numerically Controlled
- Cutting Speed: Kecepatan Potong
- Cycle: Siklus
- Display: tayangan, tampilan
- DNC: *Direct Numerically Controlled*
- DPU: Data Processing Unit
- Drilling Cycle: Siklus pemboran
- EPROM: Eraseble Programming Only Memory
- Feed rate: Kecepatan Pemakanan
- FMS: Flexible Manufacturing System
- G-Code: Kode G, fungsi kerja (*Preparatory Function*)
- Hand Operation: Operasi pemesinan secara manual
- Inkremental: Pemprograman berdasarkan sejumlah titik awal, di mana titik akhir terdahulu menjadi titik awal untuk langkah berikutnya
- Interpolasi: Sisipan
- Kontur: Gambar benda kerja yang akan dibentuk dengan CNC
- LED: Light Emulsion Display, lampu tampilan emulsi
- M99: Parameter radius
- M-Code: Kode M, fungsi aneka guna (*Miscellaneous Function*)
- MCU: Machine Control Unit .
- Mesin CNC TU – 2A: Mesin CNC Training Unit 2 (Axis), selanjutnya disebut mesin bubut CNC unit didaktik.

- Mesin CNC TU – 3A: Mesin CNC Training Unit 3 (Axis), selanjutnya disebut mesin frais CNC unit didaktik.
- *Microswitcher*: sakelar pembatas elektronis
- Motor step (Stepping Motor): Motor langkah
- Opened Loop System: Pengukuran jarak lintasan tanpa umpan balik
- *Plug*: Steker
- *Plugboard*: blok steker
- PTP: Point to Point
- Setting tool: Penataan alat potong
- SPD : Satuan Panjang Dasar
- *Staright-cut system*: Sistem pemotongan-lurus
- *Stoppers*: Mekanik Pembataslangkah
- Threading Cycle: Siklus penguliran
- TNC: *Touching Numerically Contrlled*
- Tool tip: puncak mata alat potong
- Transfer: pemindahan
- Turning Cycle: Siklus pembubutan

# BAB I
# PENDAHULUAN

## A. Deskripsi

Kurikulum 2013 dirancang untuk memperkuat kompetensi siswa dari sisi pengetahuan, ketrampilan serta sikap secara utuh. Tuntutan proses pencapaiannya melalui pembelajaran pada sejumlah mata pelajaran yang dirangkai sebagai satu kesatuan yang saling mendukung dalam mencapai kompetensi tersebut. Buku teks bahan ajar ini berjudul "**TEKNIK PEMESINAN BUBUT CNC**" berisi empat bagian utama yaitu: pendahuluan, pembelajaran, evaluasi, dan penutup yang materinya membahas sejumlah kompetensi yang diperlukan untuk SMK Program Keahlian Teknik Mesin. Materi dalam buku teks bahan ajar ini meliputi: **Teknologi Dasar CNC, Dasar-Dasar Kontrol Numerik, Klassifikasi Sistem CNC, Sistem Loop terbuka dan tertutup, Mesin Bubut CNC, Kontrol Mesin Bubut CNC, Sistem Koordinat Mesin Bubut CNC, Penyetrelan Kedudukan Pahat Bubut terhadap Benda Kerja, Penyetelan Titik Nol Benda Kerja, Teknologi Pemotongan, Landasan Pemprograman, Blok Format Pemprograman, Fungsi Kerja (G) dan Fungsi *Miscellaneous* (M),**

Buku Teks Bahan Ajar ini menjabarkan usaha minimal yang harus dilakukan oleh siswa untuk mencapai sejumlah kompetensi yang diharapkan dalam dituangkan dalam kompetensi inti dan kompetensi dasar.sesuai dengan pendekatan saintifik (*scientific approach*) yang dipergunakan dalam kurikulum 2013, siswa diminta untuk memberanikan dalam mencari dan menggali kompetensi yang ada dalam kehidupan dan sumber yang terbentang di lingkungan sekitar, dan dalam pembelajarannya peran guru sangat penting untuk meningkatkan dan menyesuaikan daya serap siswa dalam mempelajari buku ini. Maka dari itu, guru diusahakan untuk memperkaya dengan mengkreasi mata pembelajaran dalam bentuk kegiatan-kegiatan lain yang sesuai dan relevan bersumber dari alam sekitar kita.

Penyusunan Buku Teks Bahan Ajar ini dibawah kordinasi Direktorat Pembinaan SMK Kementerian Pendidikan dan kebudayaan, yang akan dipergunakan dalam tahap awal penerepan kurikulum 2013. Buku Teks Bahan Ajar ini merupakan dokumen sumber belajar yang senantiasa dapat diperbaiki, diperbaharui dan dimutahirkan sesuai dengan kebutuhan dan perubahan zaman. Maka dari itu, kritik dan saran serta masukan dari berbagai pihak diharapkan dapat meningkatkan dan menyempurnakan kualitas isi maupun mutu buku ini.

## B. Prasyarat

Sebelum mengikuti Buku Teks Bahan Ajar ini, peserta harus sudah mempunyai pengalaman dasar yang meliputi:

1. Mesin Bubut konvensional, dan
2. Ilmu pengetahuan bahan.

## C. Petunjuk Penggunaan

Dalam melaksanakan pembelajaran dengan menggunakan buku teks bahan ajar ini, siswa perlu memperhatikan beberapa hal, yaitu :

1. Langkah-Langkah Belajar yang harus ditempuh, antara lain adalah:
   a. Menyiapkan semua bukti penguasaan kemampuan awal yang diperlukan sebagai persyaratan untuk mempelajari modul ini.
   b. Mengikuti test kemampuan awal yang dipersyaratkan untuk mempelajari buku teks bahan ajar ini
   c. Sebelum mempelajari Buku Teks Bahan Ajar ini, simaklah makna tujuan pembelajaran khusus dari setiap topik kegiatan belajar,
   d. Bacalah Buku Teks Bahan Ajar ini secara seksama dan mandiri, bertanyalah bila ada yang kurang jelas,

e. Setelah saudara membaca dan memahami materi Buku Teks Bahan Ajar ini, kerjakanlah tugas-tugas yang tersedia pada lembar tugas dan Tes Formatif, lalu periksakan kepada tutor atau guru praktek.
f. Untuk meningkatkan kedalaman penguasaan Anda akan Buku Teks Bahan Ajar ini, bacalah juga referensi di bawah ini:
   i. Petunjuk Pemrograman – Pelayanan EMCO TU – 2A., EMCO Maier & CO, Hallein Austria, 1988
   ii. Technology and Programming, Steve Krar dan Arthur Gill McGRAW-HILL INTERNATIONAL EDITION, Singapore, 1990
   iii. Dasar-Dasar Teknik dan Pemprograman CNC, David Gibbs & Thomas M. Crandell, PT. ROSDA JAYAPUTRA, JAKARTA, 1991

2. Perlengkapan yang perlu disiapkan
   a. Buku sumber/ referensi yang relevan
   b. Buku catatan harian
   c. Alat tulis dan,
   d. Perlengkapan lainnya yang diperlukan

## D. Tujuan Akhir:

Setelah menyelesaikan Bahan Ajar ini, siswa dapat, antara lain;

1. Mengidentifikasi parameter pemotongan mesin bubut CNC
2. Menyetel alat potong mesin bubut CNC
3. Menyusun program mesin bubut CNC
4. Melaksanakan pemesinan bubut CNC

## E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

**Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar**
**Mata Pelajaran: Teknik Pemesinan Bubut CNC**

| KOMPETENSI INTI (KELAS X) | KOMPETENSI DASAR |
|---|---|
| KI-1<br>Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya | 1.1 Menyadari sempurnanya ciptaan Tuhan tentang alam dan fenomenanya dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari. |
| | 1.2 Mengamalkan nilai-nilai ajaran agama sebagai tuntunan dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari |
| KI-2<br><br>Menghayati dan mengamalkan perilaku jujur, disiplin, tanggung jawab, peduli (gotongroyong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan proaktif, dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam | 2.1 Mengamalkan perilaku jujur, disiplin, teliti, kritis, rasa ingintahu, inovatif dan tanggungjawab dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari. |
| | 2.2 Menghargai kerjasama, toleransi, damai, santun, demokratis, dalam menyelesaikan masalah perbedaan konsep berpikir dalam mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik pada kehidupan sehari-hari. |
| | 2.3 Menunjukkan sikap responsif, proaktif, konsisten, dan berinteraksi secara efektif dengan lingkungan social sebagai bagian dari solusi atas |

| KOMPETENSI INTI (KELAS X) | KOMPETENSI DASAR |
| --- | --- |
| menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia | berbagai permasalahan dalam melakukan tugas mengaplikasikan elemen mesin dan mekanika teknik |
| KI – 3<br><br>Memahami, menerapkan dan menganalisis pengetahuan fak-tual, konseptual, prosedural dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pe-ngetahuan, teknologi, seni, bu-daya, dan humaniora dalam wa-wasan kemanusiaan, kebang-saan, kenegaraan, dan peradab-an terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecah-kan masalah | Mengidentifikasi mesin bubut CNC |
| | Mengidentifikasi parameter pemotongan mesin bubut CNC |
| | Menerapkan teknik pemograman mesin bubut CNC |
| | Menerapkan teknik pemesinan bubut CNC |
| | Mengidentifikasi mesin frais CNC |
| | Mengidentifikasi parameter pemotongan mesin frais CNC |
| | Menerapkan teknik pemograman mesin frais CNC |
| | Menerapkan teknik pemesinan frais CNC |
| KI – 4<br><br>Mengolah, menalar, menyaji dan mencipta dalam ranah kon-kret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, dan mampu melaksanakan tugas spesifik | Menggunakan mesin bubut CNC |
| | Menggunakan parameter pemotongan mesin bubut CNC |
| | Menggunakan teknik pemograman mesin bubut CNC |
| | Menggunakan teknik pemesinan bubut CNC |
| | Menggunakan mesin Frais CNC |
| | Menggunakan parameter pemotongan mesin frais CNC |

| | |
|---|---|
| di bawah pengawasan langsung. | Menggunakan teknik pemograman mesin frais CNC |
| | Menggunakan teknik pemesinan frais CNC |

## F. Cek Kemampuan Awal

Sebelum memulai kegiatan pembelajaran "Teknik Pemesinan CNC", diharapkan siswa melakukan cek kemampuan awal untuk mendapatkan informasi tentang kemampuan dasar yang telah dimiliki. Yaitu dengan cara memberi tanda berupa *cek list* (√) pada kolom pilihan jawaban berikut ini.

| **No.** | **Daftar Pertanyaan** | **Pilhan Jawaban** | |
|---|---|---|---|
| | | **Sudah** | **Belum** |
| **A.** | **Teknologi Pemotongan pada mesin bubut** | | |
| 1. | Apakan anda dapat menghitung kecepatan putaran spindel? | | |
| 2. | Apakah Anda dapat menghitung kecepatan pemakanan (mm/min)? | | |
| 3. | Apakah Anda dapat membedakan ketebalan pemakanan pada waktu bubut muka dengan bubut memanjang? | | |
| **B.** | **Sistem Koordinat mesin bubut** | | |
| 1. | Apakah anda dapat menjelaskan sistem koordinat pada mesin bubut CNC | | |
| 2. | Apakah anda mengidentifikasi sumbu X dan Z pada mesin bubut? | | |
| **C.** | **Metoda pemprograman** | | |
| 1. | Apakah anda dapat menyebutkan metoda pemprograman yang digunakan pada mesin bubut CNC? | | |
| 2. | Apakah Anda tahu maksud dari titik nol benda kerja? | | |
| 3. | Apakah Anda dapat menjelaskan pengertian | | |

| No. | Daftar Pertanyaan | Pilhan Jawaban | |
|---|---|---|---|
| | | Sudah | Belum |
| | dari program Absolut? | | |
| 4. | Apakah Anda dapat menjelaskan pengertian dari program Inkremental? | | |
| D. | **Kode – G dan Kode M** | | |
| 1. | Apakah Anda fungsi dari G00? | | |
| 2. | Apakah Anda tahu fungsi G01? | | |
| 3. | Apakah Anda tahu fungsi dari kode G02/G03? | | |
| 4. | Apakah Anda dapat menghitung nilai parameter radius? | | |
| 5. | Apakah Anda tahu fungsi Kode M06? | | |
| 6. | Apakah Anda tahu fungsi Kode M30? | | |
| 7. | Apakah Anda tahu fungsi Kode M99? | | |
| 8. | Apakah Anda tahu mengisi data yang diperlukan untuk G92? | | |
| 9. | Apakah Anda tahu fungsi kode – G33? | | |
| E | **Kode – T dan Penyetelan Alat Potong** | | |
| 1. | Apakah Anda mengetahui kepanjangan dari huruf T? | | |
| 2. | Apakah Anda tahu apa yang dimaksudkan dengan T01? | | |
| 3. | Apakah anda sudah dapat menyetel alat potong pada mesin bubut CNC | | |
| F | **Pengoperasian mesin bubut CNC secara manual** | | |
| 1. | Apakah Anda dapat menggerakkan eretan memanjang sejauh 10 mm dari titik awal? | | |
| 2. | Apakah Anda dapat menggerakkan eretan melintang sejauh 10 mm dari titik awal? | | |
| 3. | Apakah Anda tahu tombol-tombol yang | | |

| No. | Daftar Pertanyaan | Pilhan Jawaban | |
|---|---|---|---|
| | | **Sudah** | **Belum** |
| | digunakan untuk menggerakkan eretan memanjang dan melintang? | | |
| 4. | Apakah Anda tahu mengatur kecepatan spindel pada mesin bubut CNC? | | |
| **G** | **Pemprograman CNC** | | |
| 1. | Apakah Anda tahu pengertian dari alamat (adres)? | | |
| 2. | Apakah Anda dapat menyebutkan alamat-alamat yang ada dalam mesin bubut CNC? | | |
| 3. | Apakah Anda menjelaskan, bilakah program dikatakan tidak lengkap? | | |
| **H** | **Memasukkan Program CNC ke kontrol mesin** | | |
| 1. | Apakah Anda tahu memasukkan program CNC ke kontrol mesin | | |
| 2. | Apakah Anda tahu menghapus data blok yang salah? | | |
| 3. | Apakah Anda tahu menyisipkan blok program pada kontrol mesin bubut CNC? | | |
| **I** | **Mengoperasikan Mesin Bubut secara CNC otomatis** | | |
| 1. | Apakah Anda tahu menguji ketepatan geometri program CNC? | | |
| 2. | Apakah Anda dapat menguji ketepatan program CNC blok / blok? | | |
| 3. | Apakah Anda dapat mengeksekusi program CNC secara utuh? | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **A.** | **Teknologi Pemotongan pada mesin Frais** | | |
| 1. | Apakan anda dapat menghitung kecepatan putaran spindel? | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| 2. | Apakah Anda dapat menghitung kecepatan pemakanan (mm/min)? | | |
| 3. | Apakah Anda dapat membedakan ketebalan pemakanan pada waktu frais datar dengan frais tegak pada mesin frais tegak? | | |
| **B.** | **Sistem Koordinat mesin bubut** | | |
| 1. | Apakah anda dapat menjelaskan sistem koordinat pada mesin Frais CNC | | |
| 2. | Apakah anda mengidentifikasi sumbu X , Y, dan Z pada mesin Frais? | | |
| **C.** | **Metoda pemprograman** | | |
| 1. | Apakah anda dapat menyebutkan metoda pemprograman yang digunakan pada mesin Frais CNC? | | |
| 2. | Apakah Anda tahu maksud dari titik nol benda kerja? | | |
| **D.** | **Kode – G dan Kode M** | | |
| 1. | Apakah Anda fungsi dari G00 pada mesin frais CNC? | | |
| 2. | Apakah Anda tahu fungsi G01 pada mesin frais CNC? | | |
| 3. | Apakah Anda tahu fungsi dari kode G02/G03 pada mesin frais CNC? | | |
| 4. | Apakah Anda tahu fungsi Kode M03? | | |
| 5. | Apakah Anda tahu fungsi Kode M00? | | |
| 6. | Apakah Anda tahu mengisi data yang diperlukan untuk G92? | | |
| **E** | **Kode – T dan Penyetelan Alat Potong** | | |
| 1. | Apakah Anda tahu apa yang dimaksudkan dari angka 02 pada T02? | | |
| 2. | Apakah anda sudah dapat menyetel alat potong pada mesin frais CNC | | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **F** | **Pengoperasian mesin bubut CNC secara manual** | | |
| 1. | Apakah Anda dapat menggerakkan eretan memanjang sejauh 5 mm dari titik awal? | | |
| 2. | Apakah Anda dapat menggerakkan spindel turun atau naik sejauh 15 mm dari titik awal alat potong? | | |
| 3. | Apakah Anda tahu tombol-tombol yang digunakan untuk menggerakkan eretan memanjang, melintang, dan tegak? | | |
| 4. | Apakah Anda tahu mengatur kecepatan spindel pada mesin frais CNC? | | |
| **G** | **Pemprograman CNC** | | |
| 1. | Apakah Anda tahu pengertian dari alamat (adres)? | | |
| 2. | Apakah Anda dapat menyebutkan alamat-alamat yang ada dalam mesin frais CNC? | | |
| **H** | **Memasukkan Program CNC ke kontrol mesin** | | |
| 1. | Apakah Anda tahu memasukkan program CNC ke kontrol mesin Frais CNC? | | |
| 2. | Apakah Anda tahu menghapus data blok yang salah? | | |
| 3. | Apakah Anda tahu menyisipkan blok program pada kontrol mesin frais CNC? | | |
| **I** | **Mengoperasikan Mesin Frais CNC secara otomatis** | | |
| 1. | Apakah Anda tahu menguji ketepatan geometri program CNC? | | |
| 2. | Apakah Anda dapat menghentikan/menahan sementara proses pemesinan? | | |
| 3. | Apakah Anda dapat mengeksekusi program CNC secara utuh? | | |

# BAB II
# PEMBELAJARAN

## A. Deskripsi

Pada tahun 1952, John Pearson dari Institut teknologi Massachussets, atas nama Angkatan Udara Amerika Serikat, merupakan tahun pertama meng-embangkan mesin NC untuk memproduksi benda kerja bentuk rumit. Karena biaya pembuatannya sangat mahal, serta pemeliharaan yang rumit, orang-orang membayangkan akan sulit mengembangkan mesin perkakas ini secara meluas. Bahkan sampai 15 tahun kemudian, sangat jarang industri yang punya keberanian menanam investasi dalam teknologi ini. Namun sejak tahun 1975, perkembangan mesin NC sangat maju dengan pesat se-jalan dengan perkembangan teknologi *microprocessor*. Menurut pengamat-an, kerusakan yang disebabkan kontrol hanya di bawah 1%.

Harga minikomputer dan mikrokomputer yang cenderung semakin menurun berperanan penting dalam mengubah wajah industri pempabrikan, khusus-nya pemesinan. Meskipun pemanfaatan komputer dalam pempabrikan sedi-kit lambat, pengaruhnya jelas terlihat. Demikian juga halnya dalam penggu-naan mesin-mesin perkakas yang berkontrol komputer *(computer-controlled machine tools*), yang diterapkan dalam sistem pempabrikan baru, seperti mesin perkakas CNC, laser-beam cutter, dan penggunaan robot-robot industri pada jalur produksi.

Hampir semua pabrik manufaktur ada kebutuhan besar tentang personal NC terdidik. Diperkirakan, kebutuhan akan tenaga personal NC ini akan semakin meningkat, di masa-masa mendatang, sehingga latihan baik di sekolah maupun di industri menjadi sangat penting. Melalui latihan-latihan, Anda sebagai tenaga terampil akan mampu menyetel alat potong, memprogram dan mengoperasikan mesin, bahkan mampu merencanakan pengembangan lebih lanjut.

Untuk lebih menguasai kompetensi CNC, maka dalam buku ini disajikan tentang pengaturan alat potong, pemprograman, dan pengoperasian/-pemesinan, baik secara manual maupun secara CNC yang berkaitan dengan mesin bubut unit didaktik (yang dikenal dengan Mesin CNC TU-2A), karena pada dasarnya semua konsep dasar dari isi program adalah sama. 2A adalah singkatan dari two axis — dua sumbu, sebagaimana mesin bubut terdiri dari 2 sumbu, yakni sumbu X dan sumbu Z (eretan melintang merupakan sumbu X dan eretan memanjang merupakan sumbu Z).

Dengan Mesin CNC TU-2A ini, proses pembelajaran akan jauh lebih efektif dalam penguasaan kompetensi, penyetelan alat potong, pemrograman, dan pengoperasian mesin CNC.

Salah satu bidang pekerjaan yang ada di industri adalah penggunaan mesin perkakas CNC. Mesin perkakas CNC dimaksudkan sebagai me-sin perkakas yang di kendalikan melalui sekumpulan data yang disebut dengan program CNC. Program CNC disusun secara sistematis, berurutan berdasarkan rencana proses pemesinan.

Pada mesin perkakas konvensional dibutuhkan tenaga operator yang terampil, yang mampu memanipulasi roda-roda tangan mesin perkakas untuk mendapatkan hasil pengerjaan yang mendekati bentuk sesuai dengan tuntutan gambar. Oleh karena itu, waktu produksi atau kecepat-an produksi sangat tidak efektif, di mana kecepatan produksi sangat tergantung pada keterampilan operator. Selain jumlah produksi, kepre-sisianpun menjadi pekerjaan yang menghambat waktu produksi.

Dengan pertimbangan tersebut, dunia industri bergerak lebih maju de-ngan menggunakan mesin perkakas CNC.

Pada mesin CNC, tenaga kerja (operator) yang terampil tidak begitu perlu, karena semua pergerakan, seperti eretan mesin (pergerakan eretan/meja mesin), kecepatan spindel dikendalikan melalui Machine Control Unit (MCU) dengan sejumlah gabungan huruf dan angka. Dengan demikian, waktu produksi menjadi lebih singkat, kepresisian hasil pengerjaan pun menjadi sangat terjamin (dapat dipertukarkan). Gabungan huruf dan angka ini disebut dengan kata (*word*). Kumpulan huruf dan angka (kata) disusun sedemikian rupa secara sistematis yangn disebut dengan program CNC.

Dalam penyusunan program CNC tersebut, para siswa dituntut untuk memahami terlebih dahulu sistem CNC dan konsep dasar numerik yang merupakan dasar penyusunan program CNC.

Itulah sebabnya, dunia industri dan dunia usaha sangat membutuhkan tenaga kerja menengah yang dapat mengisi tuntutan industri terutama dalam hal pengesetan alat potong, pengetahuan tentang program dan pengoperasian mesin CNC.

## B. Kegiatan Belajar

Kegiatan belajar merupakan aktifitas belajar yang harus dilaksanakan siswa sebagai pelajar dan guru sebagai pembimbing. Untuk mencapai tujuan akhir pembelajaran Teknik Pemesinan CNC, (menyetel alat potong, menyusun program CNC, mengoperasikan mesin CNC), Buku teks bahan ajar ini dibagi ke dalam beberapa kegiatan belajar. Setelah mempelajari semua kegiatan belajar, siswa harus memiliki keterampilan sikap, pengetahuan, dan psikomotorik sesuai dengan tutuntutan yang diharapkan dalam kurikulum 2013.

## 1. Kegiatan Belajar 1

# TEKNOLOGI DASAR CNC

### a. Tujuan Pembelajaran:

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 1 ini, siswa dapat menjelaskan, antara lain;

1). Dasar Sistem pemesinan Bubut CNC;

2). Dasar sistem kontrol numerik;

3). Keuntungan dan kelemahan mesin perkakas CNC;

4). Klasifikasi sistem NC.

### b. Uraian Materi

### 1.1 Konsep Dasar Sistem Pemesinan CNC — Sistem Pabrikasi

Sistem pemesinan modern dan robot-robot industri merupakan sistem otomasi lanjut yang menggunakan komputer sebagai satu bagian terpadu dalam pengontrolannya. Sekarang ini, komputer merupakan satu bagian penting dari otomasi. Komputer digunakan sebagai pengontrol dalam sistem pemesinan, seperti mesin perkakas, mesin las, dan laser-beam cutter. Bahkan yang lebih besar lagi adalah penggunaan robot dalam melakukan beberapa operasi.

Perlu diingat bahwa suatu pabrik yang dikontrol secara otomatis merupakan suatu hasil pengembangan yang paling akhir dalam revolusi industri yang telah dimulai di Eropa dua abad yang lalu sesuai dengan tahap pengembangan berikut:

a. Pada tahun 1770 adalah tahun awal pembuatan mesin perkakas sederhana.

b. Awal tahun 1900 ditemukan *Fixed automatic mechanisms and transfer lines* untuk produksi massal. Transfer line dalam hal ini dimaksudkan sebagai suatu teknik pengaturan fasilitas pabrikasi dengan output dan dengan waktu produksi yang lebih cepat. Siklus operasinya adalah sederhana dan tetap.
c. Mesin perkakas berikutnya adalah generasi mesin perkakas dengan kontrol otomatis sederhana, seperti mesin kopi.
d. Pada tahun 1952 merupakan awal era otomasi dengan kendali numerik — Numerical Control (NC, yang didasarkan pada prinsip komputer digital.
e. Pengembangan logis dari NC ini adalah *computerized numerical contro*l yang dikenal dengan singkatan CNC, yang digunakan pada mesin perkakas, di mana sebuah minikomputer dimasukkan sebagai suatu bagian terpadu dari lemari kontrol.
f. Robot industri dikembangkan bersamaan dengan sistem CNC. Robot komersil pertama dibuat pada tahun 1961, tetapi penggunaannya secara efektif baru pada akhir tahun 1970-an.
g. Pabrik otomasi penuh yang memakai suatu teknik yang disebut dengan *Flexible Manufacturing System* (*FMS*) dan computer aided design/ computer aided manufacturing (CAD/CAM). FMS dimaksudkan sebagai suatu fasilitas yang mencakup *manufacturing cell*. Setiap sel (*cell*) memiliki sebuah robot yang mampu melayani beberapa mesin perkakas CNC, dan dengan suatu sistem penanganan material secara otomatis yang terpisah dari komputer induk.

Era baru otomasi, dimulai dengan pengenalan mesin perkakas NC yang digerakkan oleh komputer digital. Komputer dan teknologi digital memungkinkan perencanaan lebih fleksibel yang dapat menghasilkan produk dengan waktu yang lebih singkat. Dalam hal ini, fleksibilitas merupakan kata kunci dari sifat otomasi dari sistem pabrikasi. Sekarang ini, sistem pabrikasi menjadi lebih fleksibel sesuai dengan perkembangan teknologi komputer dan teknik pemprograman.

Sistem pabrikasi dalam skala kecil yang dapat berdiri sendiri, seperti robot dan mesin perkakas CNC, dan sistem komprehensif dengan sel-sel pabrikasi

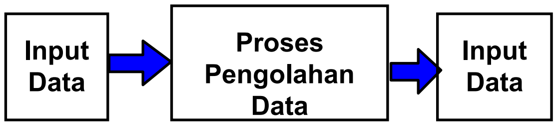
serta FMS yang dapat memiliki banyak sistem yang berdiri sen-diri. Kedua jenis sistem ini dikendalikan, baik melalui sebuah komputer, maupun melalui suatu pengendali yang didasarkan pada teknologi digital. Alat-alat tersebut dapat menerima data dalam bentuk program, mempro-sesnya menjadi sinyal perintah ke penggerak yang menggerakkan eretan, meja putar, atau sabuk berjalan. Pada sistem yang berdiri sendiri dan sel pabrikasi sederhana, data masukan menetapkan posisi gerak eretan, ke-cepatan dan jenis gerakan, dan lain-lain. Sementara pada sel pabrikasi yang lebih canggih, di mana robotnya dilengkapi dengan suatu alat bantu bayangan (vision aid) atau alat umpan-balik peraba (*tactile feedback*) yang melayani beberapa mesin perkakas CNC, sistemnya akan membuat kepu-tusan berdasarkan pada sinyal umpan-balik.

Pada FMS, tingkat keputusan yang dilakukan oleh komputer adalah alat pabrikasi yang lebih canggih. Bagian-bagian yang bergerak pada sabuk berjalan dilintaskan ke sel pabrikasi tertentu melalui pengawasan komputer. Apabila salah satu sel tertentu sedang sibuk, komputer akan mengirimkan benda kerja-benda kerja ke sel lainnya yang dapat melaksanakan operasi yang diinginkan. Kebutuhan keputusan sedemikian itu dapat dilaksanakan dengan komputer FMS.

Sistem pabrikasi yang paling sederhana adalah mesin per-kakas NC, seperti mesin bubut, mesin gurdi, mesin frais, mesin gerinda, dan lain-lain.

## 1.2. Dasar-Dasar Kontrol Numerik.

Pengontrolan sebuah mesin perkakas berdasarkan program yang diper-siapkan sebelumnya disebut dengan kendali numerik — Numerical Control. Alat NC ditemukan oleh *Electronic Industries Assosiation* (EIA) sebagai “Suatu sistem yang cara kerjanya dikendalikan langsung oleh data numerik yang disisipkan, kemudian sistem secara otomatis menerjemahkan data numerik tersebut.




Gambar 1.1. Diagran Input-Output data NC

NC adalah singkatan dari numerical controlled yakni suatu piranti di mana prinsip kerjanya dipengaruhi dan dikendalikan oleh sejumlah data masuk melalui suatu proses perhitungan seperti ditunjukkan pada diagram di atas(Gambar 1.1).

Sesuai dengan perkembangan revolusi industri, piranti NC pun mengalami perkembangan yang patut diacungi jempol. Banyak ragam media piranti keras yang dikendalikan berdasarkan sejumlah angka dan huruf, seperti pengendali mesin bubut, mesin frais, mesin gerinda, mesin las, dan lain sebagainya. Pengendali tersebut ada yang berupa TNC, CNC, DNC, dan AC.

TNC adalah singkatan dari Touching Numerically Contrlled yang lebih sederhana dari CNC; CNC adalah singkatan dari Computer Numerically Controlled, yakni komputer yang dikendalikan oleh sejumlah angka dan huruf. Dengan demikian mesin CNC (CNC Machine = *Computerized Numerically Controlled*) adalah mesin yang dilengkapi dengan komputer yang mampu menyimpan dan memproses sejumlah angka dan huruf (data) yang selanjutnya menjadi data lintasan, dan data perintah.

DNC adalah singkatan dari *Direct Numerically Controlled* di mana piranti yang digunakan mengendalikan beberapa mesin oleh sebuah komputer melalui jaringan kabel.

AC adalah singkatan dari Adaptive numerically Controlled yakni suatu sis-tem kendali yang mampu menyesuaikan diri dengan kondisi kerja.

Dalam sistem NC, data numerik yang diperlukan untuk memproduksi benda kerja pada pita berlobang, yang disebut dengan *program bagian* atau *program benda kerja.* Program bagian ini disusun dalam bentuk blok-blok informasi. Setiap blok informasi tersebut berisi data numerik yang diperlukan untuk

memproduksi satu segmen benda kerja. Selanjutnya, setiap satu seg-men selesai dikerjakan, pita berlobang maju untuk pengerjaan segmen berikutnya sampai selesai. Semua blok — berada dalam bentuk kode, berisi semua informasi yang diperlukan untuk memproses suatu segmen benda kerja, seperti segmen panjang, kecepatan potongnya, pemakanan, dan lain-lain. Informasi dimensional — panjang, tebal, dan radius lingkaran, dan bentuk kontur — linier, sirkular didasarkan atas gambar kerja. Dimensi untuk gerakan sumbu — misalnya sumbu X, Z, dan lainnya, diberikan secara terpisah. Kecepatan potong, kecepatan pemakanan, dan fungsi bantu (coolant On dan OFF, spindel ON dan OFF serta arah putarannya, penjepitan benda kerja, pergantian gigi) diprogram sesuai dengan permukaan penyelesaian (harga kekasaran) dan toleransi yang dikehendaki.

Bila dibandingkan dengan mesin perkakas konvensional, sistem NC menggantikan gerakan manual operator. Pada konvensional, pemesinan benda kerja dihasilkan dengan menggerakkan alat potong sepanjang benda kerja melalui roda tangan, yang dikendalikan oleh operator. Pemotongan kontur dilakukan oleh operator terampil sambil mengamati, sementara mesin perkakas NC tidak membutuhkan mekanik atau operator terampil. Pada mesin perkakas NC, operator atau mekanik hanya perlu memonitor operasi mesin, pembaca pita, dan mengganti benda kerja. Semua gerakan operator sebelumnya, sekarang dituangkan dalam bentuk program. Meskipun demi-kian, karena operator bekerja dengan alat yang sedemikian canggih dan mahal, maka diperlukan operator dengan kualifikasi operator NC yang baik.

Mempersiapkan program benda kerja untuk mesin perkakas NC memer-lukan seorang *programmer*. Programmer harus memiliki pengetahuan dan pengalaman pada bidang pemesinan atau teknologi mekanik. Pengetahuan tentang mesin perkakas, cairan pendingin, teknik perencanaan alat bantu, penggunaan data kemampuan mesin, dan teknologi proses, merupakan kondisi yang harus dimiliki seorang operator NC. Programmer harus mengenal betul fungsi mesin perkakas NC dan proses pemesinan serta harus mampu memutuskan urutan operasi yang paling optimum. Programmer harus mampu menulis program, baik secara manual maupun dengan menggunakan Computer Assisted Language, seperti Automatically

Programmed Tools (APT) atau *Computer Aided Design* (CAD) dan *Computer Aiided Manufacturing*. Kemudian program tersebut diketikkan pada sebuah pita dengan mesin ketik pelubang, misalnya Teletype, atau dengan bantuan komputer.

Dewasa ini, program CNC dapat diketikkan langsung melalui kontrol mesin atau melalui komputer dengan fasilitas CAM yang ditransfer melalui RS 232.

Dimensi benda kerja dinyatakan dalam program dengan integer. Setiap unit yang berkaitan dengan posisi resolusi sumbu pergerakan disebut sebagai satuan panjang dasar (SPD) — Basic Length Unit (BLU). SPD ini juga dikenal sebagai “ukuran inkrement” atau “bobot bit”, di mana dalam prakteknya merupakan pendekatan yang akurat untuk sistem NC. Untuk menghitung perintah posisi dalam NC, adalah dengan membagi panjang aktual dengan nilai SPD.

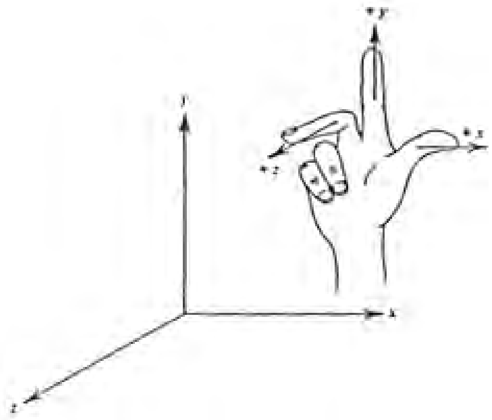
*Contoh 1*:

Untuk menggerakkan eretan 10 mm pada arah sumbu +X dalam sistem NC dengan SPD = 0.01 mm, maka posisi perintah adalah X +1000.

Pada mesin perkakas NC, setiap sumbu gerakan diperlengkapi dengan alat penggerakan terpisah, sebagai pengganti roda tangan yang terdapat pada mesin bubut konvensional.

Jenis penggerak ini bisa motor dc, aktuator hidrolik, atau motor step. Salah satu tipe terpilih yang digunakan, ditetapkan terutama berdasarkan kebutuhan daya mesin.

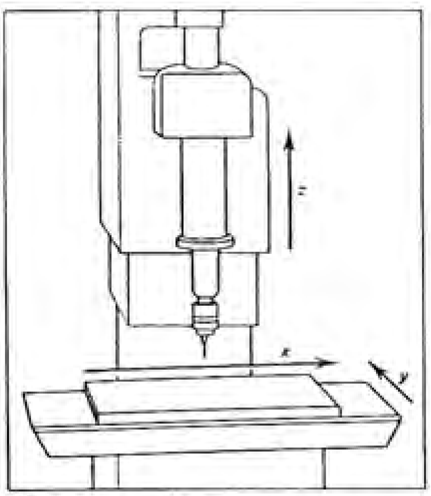
Sumbu putar gerakan dimaksudkan sebagai sumbu di mana alat potong bergerak mendekati benda kerja. Gerakan ini dicapai dengan mengge-rakkan eretan-eretan mesin perkakas. Tiga sumbu utama gerakan disebut sebagai sumbu-sumbu X, Y, dan Z. Sumbu Z adalah tegak lurus terhadap kedua sumbu X dan Y, sehingga akan memenuhi sistem koordinat tangan kanan, seperti ditunjukkan pada Gambar 1.2. Gerakan ke arah sumbu Z positif adalah gerakan alat potong menjauh dari benda kerja.. Lokasi titik nol (X = Y = Z = 0) bisa tetap atau dapat di setel.



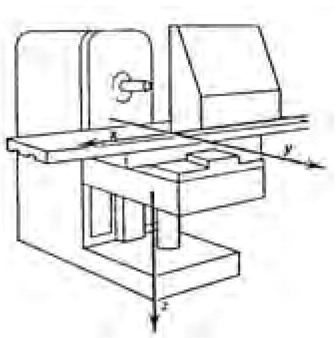
Gambar 1.2. Sistem koordinat tangan kanan.

Sistem persumbuan mesin perkakas dapat diartikan sebagaimana diuraikan di bawah ini, lihat juga Gambar 1.3.

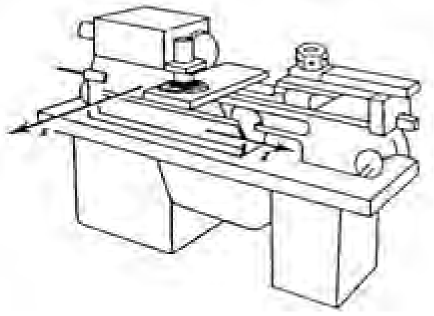
a).



b).



c).



Gambar 1.3. Sistem koordinat pada mesin perkakas, (a). gurdi. (b). frais (c) bubut.

a) Mesin frais tegak CNC

Pada mesin frais tegak, sumbu X dan Y adalah horisontal. Perintah gerak positif, menggerakkan sumbu X dari kiri ke kanan dan sumbu Y dari depan ke belakang, dan sumbu Z bergerak dari bawah ke atas. Sumbu arah memanjang adalah sumbu X, arah melintang adalah sumbu Y, dan arah vertikal adalah sumbu Z.

b) Mesin frais datar CNC

b.1. Mesin Frais dengan spindel datar.

Untuk mesin frais dengan spindel datar, sumbu arah memanjang adalah sumbu X, arah vertikal adalah sumbu Y, arah melintang adalah sumbu Z.

b.2. Mesin frais dengan spindel dapat diputar datar.

Sementara untuk operasi pemfraisan mendatar, arah melintang adalah sumbu X, arah vertikal adalah sumbu Y, dan arah meman-jang adalah sumbu Z.

c) Mesin bubut CNC

Pada mesin bubut CNC, sumbu arah memanjang mesin adalah sumbu Z, arah melintang adalah sumbu X.

d) Mesin gurdi (drilling) CNC

Pada mesin gurdi CNC, sistem persumbuannya sama dengan mesin frais tegak.

Pada beberapa mesin, selain dari pada sumbu utama tersebut, masih ada sumbu kedua untuk gerakan eretan linier yang disimbol dengan U, V, dan W. Sementara gerakan putar yang berkenaan dengan sumbu utama dan yang sejajar dengan sumbu X, Y, dan Z secara berurutan disimbol dengan a, b, dan c.

Sistem mesin perkakas NC mempunyai unit kontrol mesin — *Machine Control Unit* (*MCU*), dan mesin itu sendiri, seperti diilustrasikan pada Gambar 1.4.

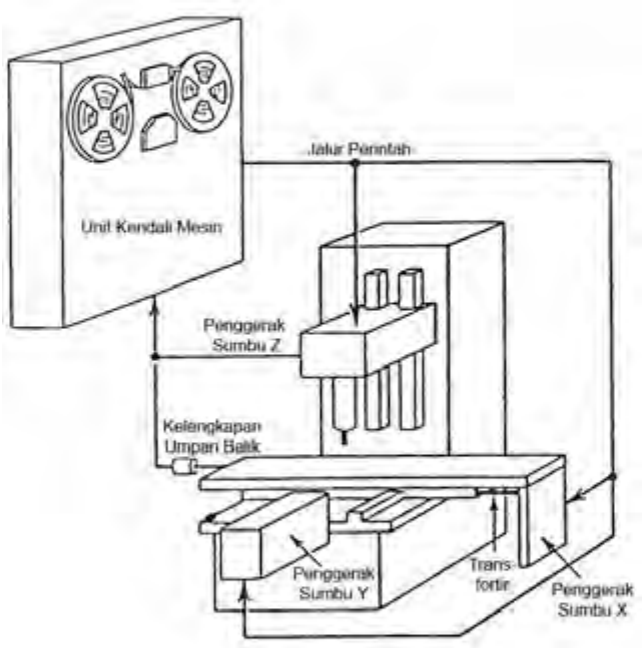
MCU harus mampu membaca dan mendekodekan program bagian atau benda kerja, yakni untuk menyediakan instruksi berdekode ke control loops sumbu gerak mesin, dan mengontrol operasi mesin. Sistem ini juga harus mampu memajukan pita setiap kali instruksi terdahulu telah selesai dieksekusi, yaitu pada akhir setiap segmen benda kerja.

MCU terdiri dari dua unit utama: unit pemproses data — data processing unit (DPU) dan unit loop kontrol — control loops unit (CLU). DPU berfungsi untuk mendekode informasi yang diterima dari pita, memprosesnya dan mengirimkannya ke CLU. Data demikian itu berisi posisi baru yang di-perlukan oleh setiap sumbu, arah gerakan dan kecepatannya, sinyal kendali bantu ke relay. Dengan kata lain, CLU menyediakan suatu sinyal yang memberitahukan bahwa segmen terdahulu telah selesai dan DPU dapat membaca satu blok baru dari program bagian. CLU menggerakkan transportir mesin dan menerima sinyal umpan-balik tentang posisi aktual dan kecepatan masing-masing sumbu. Masing-masing transportir dilengkapi dengan alat penggerak terpisah dengan sebuah alat umpan-balik ter-sendiri, tetapi yang terakhir ini hanya ditemukan pada sistem loop tertutup — *closed loop system*. DPU mencakup, paling tidak, fungsi-fungsi berikut:

Alat masukan, seperti pembaca pita berlubang, Pembacaan sirkit dan logik pemeriksaan keseimbangan (*parity)*, Sirkit pendekodean untuk mendis-tribusikan data di antara sumbu-sumbu terkontrol. Penyisip (interpolator), yang memberikan perintah kecepatan antara titik-titik berurutan yang diambil dari gambar kerja.

Sebuah CLU terdiri dari sirkit-sirkit berikut:

Loop kendali posisi untuk semua sumbu gerak (setiap sumbu mempunyai suatu loop kendali tersendiri), Loop kendali kecepatan, Sirkit untuk meng-atasi perlambatan dan *backlash*. Kendali fungsi-fungsi bantu, seperti coolant ON dan OFF, pergantian gigi, atau spindel On dan OFF.




Gambar 1.4. Sistem kontrol numerik

Pada sistem CNC, fungsi DPU selalu dilaksanakan melalui program kendali yang ada dalam komputer CNC. Bagian utama dari CLU adalah berkaitan dengan perangkat keras.

## 1.3. Keuntungan Sistem NC

Sebelum, selama dan khususnya setelah perang dunia kedua, angkatan udara Amerika Serikat merasa bahwa pembuatan komponen-komponen akurat pesawat terbang semakin sulit dihasilkan dengan hanya menggunakan mesin perkakas konvensional, sehingga mereka merasa perlu mengembangkan pembuatan komponen-komponen tersebut dengan proses yang lebih mudah. Langkah pertama pengembangan mesin yang sesuai, telah dilaksanakan pada perusahaan "*Parson Company*" di kota Traverse, Michigan, dan yang akhirnya diselesaikan di Laboratorium Servomekanisma Massachusset Institute of Technology (MIT). Pada tahun 1952 dihasilkanlah

sebuah mesin frais NC, dengan tiga sumbu terkontrol. Terlihat bahwa motivasi pertama dalam pengembangan sistem NC untuk mesin perkakas adalah tuntutan hasil pabrikasi berakurasi tinggi, khususnya komponen-komponen rumit, dikaitkan dengan keinginan untuk mempersingkat waktu produksi.

Akurasi adalah hal yang paling penting ketika dua bagian komponen yang harus dipasangkan diproduksi, seperti silinder dan piston motor, dan juga untuk komponen-komponen yang harus dapat dipertukarkan, khususnya dalam industri mobil dan pesawat terbang. Dengan mesin konvensional, menghasilkan suatu komponen yang harus dipotong dengan akurasi 0.01 mm atau yang lebih baik akan membutuhkan sejumlah ekstra waktu ter-tentu, karena, misalnya, operator harus menghentikan proses pemotongan beberapa kali untuk mengukur atau memeriksa dimensi komponen untuk memastikan agar komponen jangan sampai kelebihan pemotongan terlalu jauh. Telah terbukti bahwa waktu yang terbuang sia-sia untuk memeriksa dimensi sekitar 70 s.d. 80 prosen dari waktu kerja total. Sementara mesin NC menghemat banyak waktu, dan toleransi yang diperlukan dapat dipertahankan dan ditingkatkan.

Penghematan yang lebih lanjut dari sisi waktu dapat dicapai dari operasi yang satu ke operasi lainnya pada waktu pemesinan benda kerja. Dengan mesin perkakas konvensional, harus dihentikan pada beberapa jenis operasi, karena operator harus melangkah ke tahap berikutnya, seperti penggantian rodagigi, pergantian alat-potong dan lain sebagainya, semen-tara kecepatan produksi juga bisa menurun akibat kelelahan operator. Da-lam sistem NC, masalah ini hampir tidak ada, dan lebih daripada itu, karena dalam NC, akurasi dapat berulang, sehingga waktu inspeksi juga berkurang.

Pemotongan kontur dalam tiga dimensi, atau meskipun dalam dua dimensi, jelas tidak dapat dilakukan dengan operasi manual. Dan meskipun itu mungkin, operator harus memanipulasi dua roda tangan secara bergantian (hampir serempak), sementara akurasi tetap dipertahankan; maka itu hanya dapat dilakukan apabila komponen yang dikerjakan adalah sederhana dan memerlukan akurasi relatif kecil. Dalam kondisi ini jelas, bahwa menger-jakan komponen seperti itu dengan mesin NC akan menghemat sejumlah waktu dan meningkatkan akurasi bila dibandingkan dengan operasi manual.

Perlu diperhatikan, bahwa jalur transfer juga direncanakan untuk mempercepat output. Dalam sistem ini, mesin ditempatkan sedemikian rupa pada suatu jalur, di mana hasil dari satu mesin bisa dikirim ke mesin lainnya dengan siklus operasi terpendek. Siklus operasi pemesinan dibuat sederhana dan tetap, sehingga proses kelihatan otomatis secara utuh. Bila diban-dingkan antara NC dan CNC, maka ada beberakan kelemahan sistem NC, antara lain ialah:

1). Investasi awal yang tinggi dalam hal perlengkapan.
2). Waktu persiapan untuk setiap satu seri produksi lama.
3). Proses tidak fleksibel, karena setiap mesin direncanakan untuk melakukan suatu siklus tetap tertentu. Jika konfigurasi komponen diubah, mesin harus disetel kembali atau bahkan diganti sama sekali.
4). Persiapan komponen yang besar diperlukan untuk proses, karena setiap komponen mesin harus selalu dalam kondisi baik.

Jalur transfer sesuai hanya untuk produksi massal, di mana komponen-komponen yang dihasilkan sampai ratusan ribu bahkan jutaan. Sementara untuk memproduksi komponen dengan jumlah kecil, mesin harus dirancang sedemikian rupa untuk mampu membuat banyak operasi sekaligus dengan penggantian urutan operasi dalam waktu yang singkat. Jelas kondisi ini memerlukan suatu tingkat fleksibilitas yang tinggi.

Ciri dari fleksibilitas tinggi terlihat pada sistem pabrikasi moderen, khusus-nya dalam industri pesawat terbang, di mana jumlah produksi biasanya kecil. Berkaitan dengan perubahan teknologi yang sedemikian cepat, satu seri dari ratusan model pesawat terbang yang sama dapat diproduksi. Artinya, bahwa penggunaan mesin perkakas haruslah ekonomis, meskipun jumlah produksi yang dihasilkan relatif kecil. Kondisi ini merupakan jawaban yang tersedia melalui kehadiran sistem NC dan CNC: apabila suatu jenis produk baru diperlukan, hanya program bagian / benda kerja saja yang harus diganti.

Juga sangat bermanfaat untuk diperhatikan bahwa mesin bubut otomatis dan mesin kopi telah ada sejak lama. Mesin kopi termasuk peraba (*stylus*) yang bergerak sepanjang master kopi komponen yang akan diproduksi. Peraba mempunyai satu lengan yang berfungsi untuk memindahkan gerak peraba ke

alat potong melalui suatu mekanik perantara. Alat-potong ke-mudian menghasilkan suatu komponen yang berbentuk sama dengan master. Kelemahan utama dari metoda pengkopian ini adalah bahwa waktu yang digunakan untuk menghasilkan kopi master, yang harus dibuat tanpa gerak otomasi dan diproduksi dengan tingkat akurasi yang tinggi. Dengan NC dan CNC, kopi master tidak diperlukan.

Mesin bubut otomatis, yang sebenarnya cukup fleksibel, juga telah digunakan sejak lama. Penyetelan dimensi yang diperlukan ditetapkan melalui sepasang *microswitches* dan *stoppers*, satu pasang untuk setiap akhir segmen. Penempatan yang benar dari suatu *microswitch* menentukan dimensi dan toleransi dari komponen. Kecepatan pemakanan, kecepatan potong, dan fungsi bantu terprogram yang dibutuhkan, dalam suatu kode tertentu, pada suatu *plugboard* (blok steker). *Plugboard* terdiri dari suatu matriks soket yang berfungsi sebagai tempat menuliskan informasi dengan Steker (*plug)*. Setiap baris dari matriks mengacu pada satu segmen benda kerja. Semua baris discan secara berurutan, sehingga dengan demikian metoda ini disebut dengan kendali urutan — *sequence control*. Sakelar pembatas akan memberikan sinyal untuk melaksanakan baris berikutnya, dan akan menscanning baris berikutnya dengan urutan yang benar hingga pemesinan benda kerja yang dikehendaki selesai dibuat.

Bubut otomatis fleksibel mempunyai kelemahan utama yakni prosedur penyetelan sakelar pembatas dan *stopper* yang menghabiskan banyak waktu dan membutuhkan pengalaman dan keterampilan operator yang tinggi. Di samping itu, harus diperhatikan bahwa karena jumlah sakelar pembatas dan *stopper* terbatas, maka jumlah maksimum operasi terprogram pada satu komponen juga terbatas. Mesin bubut otomatis dapat digunakan secara efektif untuk jumlah produksi sedang, yakni kira-kira 30 buah atau lebih, tetapi biaya tidak akan menjadi efektif untuk 4 atau 5 buah komponen. Namun demikian, dengan mesin NC akan lebih ekonomis meskipun untuk menghasilkan satu buah komponen bila dibandingkan dengan metoda konvensional.

Sebagai kesimpulan, bahwa mesin perkakas NC memiliki sejumlah keun-tungan, bila dibandingkan dengan metoda pemesinan lainnya:

1). Fleksibilitas penuh; suatu program komponen diperlukan untuk memproduksi suatu komponen baru.
2). Akurasi dapat dipertahankan meskipun dengan kecepatan spindel dan pemakanan penuh.
3). Waktu produksi lebih singkat.
4). Memungkinkan pemesinan komponen atau benda kerja meskipun konturnya rumit.
5). Penyetelan mesin mudah, yang mana membutuhkan lebih sedikit waktu dibandingkan dengan metoda pemesinan lainnya.
6). Kebutuhan akan operator berpengalaman dan terampil dapat dihindarkan.
7). Operator mempunyai waktu bebas; waktu bebas ini dapat digunakan untuk mengawasi operasi pemesinan lainnya.

Sementara kelemahan utama sistem NC adalah:

1). Biaya relatif tinggi.
2). Pemeliharaan lebih rumit; membutuhkan seorang staf khusus dalam pemeliharaan.
3). Memerlukan seorang programmer komponen terlatih dan memiliki keterampilan tinggi.

## 1.4. Klasifikasi Sistem NC

Klasifikasi sistem mesin perkakas NC dapat dibagi menurut empat cara:

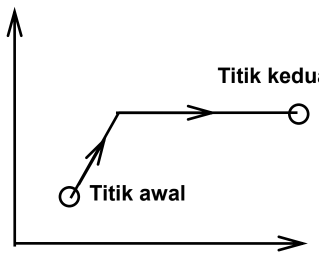
1). Berdasarkan tipe mesin: Point to point versus contouring (continuous path)
2). Berdasarkan struktur pengendali: NC berbasis perangkat keras versus CNC
3). Berdasarkan metoda pemprograman: inkremental versus absolut
4). Berdasarkan tipe loop kontrol: open-loop versus closed loop.

### 1). Lintasan *Point-to-Point*

*Sistem point-to-point*. Contoh yang paling sederhana dari mesin perkakas NC *ponit-to-point* (PTP) adalah mesin gurdi dan atau mesin bor. Pada mesin gurdi, benda kerja digerakkan sepanjang sumbu gerakan hingga sumbu lubang yang akan digurdi berada tepat di bawah mata bor/gurdi. Kemudian mata gurdi akan bergerak secara otomatis ke arah benda kerja (dengan suatu kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan yang dapat dikontrol), lubang digurdi, kemudian mata gurdi bergerak naik dengan kecepatan tinggi. Benda kerja bergerak ke titik baru, demikian seterusnya dengan pengulangan prosedur di atas.

*Contoh 2*: Meja XY dari sebuah mesin gurdi harus bergerak dari titik (5, 5) ke titik (150, 75). Setiap sumbu bergerak dengan kece-patan konstan 750 mm/min. Tentukan waktu yang dibutuh-kan untuk melintasi kedua titik tersebut.

***Penyelesaian***: Waktu lintasan yang diperlukan sumbu X adalah (150 - 5) * (60/750) = 11.6 detik. Waktu lintasan sumbu Y adalah (75 - 5) * (60/750) = 5.6 det. Karena sumbu dapat bergerak secara bergantian (hampir bersamaan), maka waktu pelintasan meja akan menjadi lebih lama, misalnya 11.6 det. Lintasan meja mendekati alat potong sama seperti dilukiskan pada Gambar 1.5.




Gambar 1.5. Lintasan alat-potong antara dua lubang pada sistem point-to-point.

*Contoh 3*: Jika resolusi sistem, SPD = 0.01 mm, Bagaimanakan perintah posisi inkremental terhadap sistem NC?

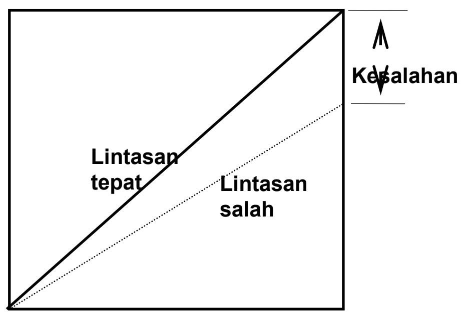
***Penyelesaian***:

Pada arah sumbu X: (150 - 5)/0.01 = 14500. Pada arah sumbu Y: (75 - 5)/0.01 = 7000. Jadi perintahnya adalah X+14500, Y+7000.

***2). Lintasan berdasarkan kontur.***

Pada sistem kontur, atau lintasan kontiniu, alat potong melakukan pemotongan, sementara sumbu gerak bergeser. Semua sumbu gerak dapat bergeser secara bergantian, masing-masing pada kecepatan yang berbeda. Apabila diperlukan lintasan nonlinier, kecepatan sumbu berubah, meskipun di dalam satu segmen. Misalnya, pemotongan kontur radius/lingkaran memerlukan kecepatan sinus yang berubah dalam satu sumbu, sementara kecepatan sumbu lainnya berubah pada kecepatan kosinus.

Pada mesin-mesin kontur, posisi alat potong pada akhir setiap segmen berikut dengan perbandingan antara kecepatan-kecepatan aksial menentukan kontur komponen yang dikehendaki, dan pada waktu yang sama, resultante pemakanan juga akan mempengaruhi permukaan penyelesaian. Hal ini disebabkan karena terjadinya kesalahan kecepat-an pada satu sumbu yang dapat mengakibatkan kesalahan posisi lintasan alat-potong, perhatikan Gambar 1.6.




Gambar 1.6. Kesalahan kecepatan akan mengakibatkan kesalahan posisi pada sistem kontur

Untuk mengatasi hal ini, maka di dalam sistem ini harus ada loop kendali posisi kontiniu yang berfungsi untuk memperbandingkan seka-ligus menempatkan posisi. Masing-masing sumbu gerakan dilengkapi dengan *counter* dan loop posisi secara terpisah. Untuk setiap sumbu, informasi dimensional diberikan pada pita secara terpisah, dan di-umpankan melalui DPU ke *counter* posisi terkait. Kecepatan pema-kanan terprogram untuk kontur harus diproses melalui DPU untuk memperoleh perintah kecepatan yang tepat pada setiap sumbu, yang dapat dikerjakan oleh suatu alat yang disebut dengan interpolator (penyisip) yang terdapat di dalam DPU sistem kontur. Fungsi dari interpolator adalah untuk mendapatkan titik penghubung antara titik-titik yang sesuai dengan gambar kerja.

Untuk mengilustrasikan fungsi interpolator, perhatikan sistem dua sumbu, di mana pemotongan lurus akan dilakukan sepanjang lintasan seperti terlihat pada Gambar 1.6. Andaikan bahwa sumbu X akan bergerak *p*-satuan dan pada waktu yang sama sumbu Y bergerak *q*-satuan. Kontur yang terbentuk melalui gerakan sumbu harus dipotong dengan kecepatan V satuan panjang per satuan waktu (mm/det. atau in/det.) data numerik dari *p*, *q*, V diprogram pada pita dan diumpankan ke interpolator. Selanjutnya, interpolator akan memberikan dua sinyal kecepatan $V_x$ dan $V_y$, yang biasanya dalam bentuk pulsa, yang setara dengan:

$$V_x = \frac{pV}{\sqrt{p^2 + q^2}} \qquad \text{........ (1)}$$

dan

$$V_y = \frac{qV}{\sqrt{p^2 + q^2}} \qquad \text{........ (2)}$$

Dalam sistem NC dan CNC, ada tiga tipe interpolasi: linier, lingkaran, dan parabola, tetapi yang paling umum digunakan adalah interpolasi linier dan lingkaran.

*Contoh 4*: Sebuah mesin perkakas NC digunakan untuk memotong suatu alur yang ditempatkan antara titik (0, 0) dan titik (175, 175) pada bidang XY. Kecepatan pemakanan yang direkomendasikan sepanjang alur adalah 150 mm/min. Tentukanlah lamanya pemotongan dan kecepatan aksial?

***Penyelesaian***: Jarak lintasan adalah $L = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2} = 247.487$ mm. Lamanya pemotongan adalah 60 (L/150) = 60 (247.487/150) = 98.995 det. Kecepatan sepanjang sum-bu X dan Y adalah sama dengan:

$$V_x = V_y = 150/\sqrt{2} = 106.067 \text{ mm/min.}$$

*Contoh 5*: Kecepatan sumbu Y pada Contoh 4 turun 10%. Berapakan kesalahan posisi sepanjang sumbu Y pada akhir lintasan?

***Penyelesaian***: Kecepatan aksial $V_x$ = 106.067 mm/min.; $V_y = 0.9 * V_x$ = 0.9 * 106.067 = 95.46 mm/min. Sumbu X menyelesaikan gerak langkah dalam waktu 98.995 det. Selama periode ini, sumbu Y melintas hanya $L_y$ = t * $V_y$/60 = 98.995 * 95.46/60 = 157.501 mm. Jadi kesalahan adalah 175 - $L_y$ = 175 - 157.501 = 17.499 mm. Dengan demikian, dapat disimpulkan bahwa apabila kesalahan kecepatan yang terjadi sebesar 10%, maka akan mengakibatkan kesalahan posisi sebesar 10% juga.

*Sistem pemotongan-lurus* (*Staright-cut system*). Sejumlah mesin PTP ada yang dilengkapi dengan kemampuan memfrais. Keadaan ini akan memungkinkan kita untuk mengendalikan ketiga tipe kontrol, di mana kendali kontur dilakukan dari titik ke titik (point-to-point). Sistem pema-kanan ini disebut sistem pemakanan lurus (langsung), karena alat potong dapat bergerak sepanjang garis lurus yang sejajar dengan sumbu-sumbu utama gerakan dari mesin perkakas, seperti pada mesin sekrap.

Pemotongan benda kerja dilakukan ketika alat potong bergerak, baik sepanjang sumbu X, sumbu Y, maupun sumbu Z. Pada sistem pemotongan-lurus, kecepatan pemakanan diprogram pada pita, dan dapat ditetapkan atau dipilih oleh programmer. Di dalam sistem ini digunakan loop kontrol meskipun cukup sederhana, termasuk counter posisi dan kendali kecepatan primitif (sederhana) untuk menjamin kualitas permukaan penyelesaian. Untuk yang terakhir ini, suatu kesalahan hingga ± 5% dari kecepatan pemakanan terprogram masih diijinkan. Untuk sistem pemotongan-langsung ini, interpolator tidak diperlukan, karena pada sistem ini tidak ada gerakan yang serempak antara sumbu yang satu dengan sumbu lainnya yang diperlukan.

## 1.5. NC dan CNC

Sistem NC yang ditemukan pada tahun enam puluhan menggunakan perangkat keras elektronik berdasarkan teknologi sirkit digital. Sistem CNC diperkenalkan pada awal tujuh puluhan, menggunakan minikomputer atau mikrokomputer untuk mengendalikan mesin perkakas dan mengeliminasi sejauh mungkin sirkit perangkat keras tambahan dalam lemari kontrol. Perbedaan yang cukup besar antara NC berbasis perangkat keras dengan alat berbasis perangkat lunak membawa suatu peningkatan dalam sistem fleksibilitas dan juga kemungkinan peningkatan perbaikan program pada komputer CNC.

Pengendali digital dalam sistem NC berbasis perangkat keras menggunakan pulsa tegangan, di mana masing-masing pulsa mengakibatkan gerakan 1 SPD (*Satuan Panjang Dasar*) pada sumbu gerak bersangkutan. Dalam sistem ini, satu pulsa sepadan dengan 1 SPD:

$$\text{Pulsa} \equiv \text{SPD} \quad .................. \quad (3)$$

Pulsa ini dapat mengaktifkan motor step dengan kontrol loop terbuka, atau servomotor dc dengan kontrol loop tertutup. Jumlah pulsa yang dipindahkan

ke masing-masing sumbu adalah sama dengan gerak inkrement yang diperlukan, sementara frekuensi pulsa tersebut melukiskan kecepatan sumbu.

Di dalam komputer, informasi disusun, dimanipulasi, dan disimpan dalam bentuk kata biner. Setiap kata terdiri dari suatu angka bit tetap, dan kata yang paling umum adalah kata 8-bit dan 16-bit. Di dalam komputer CNC, setiap bit (*bi*nary digi*t*) menggambarkan 1 SPD.

Bit $\equiv$ SPD ......................... (4)

Jadi, suatu kata-16 bit dapat, misalnya, menggambarkan hingga $2^{16}$ = 65,536 posisi sumbu yang berbeda (termasuk nol). Apabila resolusi sistem adalah, misalnya, SPD = 0.01 mm, maka angka ini menunjukkan gerakan hingga 655.35 mm.

Sistem CNC dapat direncanakan dengan konfigurasi yang berbeda. Konfigurasi yang paling sederhana merupakan pendekatan pulsa referensi, sama dengan NC berbasis perangkat keras, demikian juga halnya dengan pulsa output. Oleh karena itu, di dalam sistem ini, persamaan (3) dan (4) dapat dikombinasikan menjadi:

Bit $\equiv$ pulsa $\equiv$ SPD ............ (5)

Pada CNC lainnya, konfigurasi kata biner dipindahkan sebagai hasil. Meskipun demikian, posisi aktual pada sistem ini diukur dengan perlengkapan digital yang memindahkan pulsa yang menunjukkan SPD. Jadi, sebenarnya pada semua sistem CNC, istilah bit, pulsa, dan SPD menjadi sepadan (sama).

Perbedaan utama dalam pengoperasian antara NC dan CNC adalah dalam cara pembacaan pita berlubang. Pada NC, pita berlubang bergerak maju satu blok dan membacanya setiap saat sampai pemotongan segmen selesai. Selama memproduksi, setiap program komponen selalu dibaca kembali. Sementara pada CNC, umumnya pita dibaca sekali, lansung secara menyeluruh dan menyimpannya dalam memori komputer sebelum pemotongan dimulai. Selama pemesinan, program kendali dari CNC

menggunakan program tersimpan untuk memerintahkan mesin. Dengan cara ini, kesalahan pembacaan pita akan terhindar dalam CNC.

*Contoh 6*: Posisi aksial yang diperlukan disimpan dalam sistem CNC pada *counter* perangkat-lunak yang terdapat dalam program kontrol. Jika posisi yang diizinkan maksimum di dalam sistem adalah 250 mm dan SPD = 0.01 mm, berapa banyakkah counter bit yang diperlukan?

***Pemecahan***:

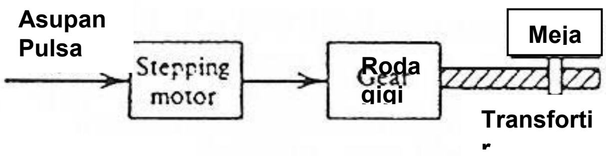
$$2^n > \frac{\mathbf{250}}{\mathbf{0.01}}$$

$$n > \frac{\mathbf{Log\ 25000}}{\mathbf{Log\ 2}} = 14.61$$

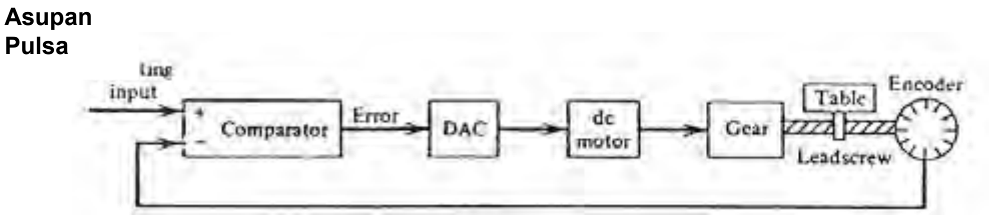
Jadi jumlah bit yang diperlukan adalah 15.

## 1.6. Sistem Loop-Terbuka dan Loop-Tertutup

Setiap sistem kontrol, termasuk sistem NC, dapat direncanakan sebagai sistem dengan kendali loop-terbuka maupun kendali loop-tertutup. Istilah kendali atau kontrol loop-terbuka dimaksudkan bahwa pada sistem tidak ada umpan-balik dan gerak pengendali tidak memiliki informasi tentang peng-aruh sinyal yang dihasilkannya.




(a)




(b)

Gambar 1.7. `Kontrol digital (a) digital loop-terbuka dan (b) loop-tertutup

Sistem NC loop-terbuka adalah tipe digital yang menggunakan motor step (motor langkah) untuk menggerakkan eretan. Motor step adalah alat yang memutarkan poros transfortir pada suatu sudut tetap sebagai jawaban ter-hadap pulsa masuk. Motor step adalah alat dengan cara paling sederhana untuk mengkonversikan pulsa listrik menjadi gerakan setara, dan yang menyediakan jawaban termudah akan masalah kontrol. Karena pada sistem ini tidak ada umpan-balik dari posisi eretan, maka ketelitian sistem adalah semata-mata merupakan fungsi kemampuan motor melangkah melalui jumlah langkah yang tepat yang diberikan pada masukannya.

Gambar 1.7 merupakan kontrol digital dengan sistem loop-terbuka dan sistem loop-tertutup yang digunakan untuk sumbu gerakan tunggal. Kontrol loop tertutup mengukur posisi aktual dan kecepatan gerak sumbu dan membandingkannya dengan referensi yang dikehendaki. Perbedaan antara nilai aktual dengan nilai yang dikehendaki disebut dengan kesalahan. Kontrol yang direncanakan sedemikian rupa untuk mengeliminasi, memper-kecil kesalahan, disebut sebagai tipe umpan-balik negatif.

Pada sistem NC, baik masukan ke loop kontrol maupun sinyal umpan-balik bisa merupakan rentetan pulsa, di mana satu pulsa menunjukkan satu satuan SPD, misalnya, 0.01 mm. Komparator digital menkorelasikan dua rentetan dan memberikan, melalui suatu alat *converter* digital ke analog — *Digital to*

*Analog Converter (DAC)*, suatu sinyal yang menunjukkan kesalahan posisi sistem, yang digunakan untuk menggerakkan servomotor dc. Perlengkapan umpan-balik yang merupakan *encoder* inkremental, lihat Gambar 1.7. (b), dipasang pada ujung bebas transportir dan berfungsi untuk menyediakan keluaran pulsa. *Encoder* inkremental terdiri dari sebuah piringan berputar (*rotating disk*) yang dibagi dalam beberapa segmen yang secara berurutan tembus cahaya dan tak tembus cahaya atau buram dan jernih. Sebuah fotosel (*pothocell*) dan sebuah bola lampu ditempatkan pada kedua sisi piringan. Ketika piringan (*disk*) berputar, setiap perubahan intensitas cahaya yang jatuh pada photocell memberikan suatu pulsa keluaran. Kecepatan pulsa per minit yang diberikan oleh *encoder* adalah sebanding dengan putaran per minit (ppm) dari transportir.

*Contoh 7*: Sebuah motor step dengan 200 step per putaran dipasang untuk transportir dari sebuah mesin gurdi. Tusuk transportir adalah 2.5 mm (*Catatan*: tusuk adalah jarak antara dua puncak mata ulir secara berurutan. Untuk ulir tunggal, tusuk adalah sama dengan jarak aksial dua puncak mata ulir dalam satu putaran).

a. Berapakah SPD dari sistem?
b. Jika motor menerima suatu frekuensi pulsa sama dengan 2000 pulsa per detik (ppd), Berapakah kecepatan linier dalam mm/minit?

***Pemecahan***:

a. SPD = 2.5/200 = 0.0125 mm.
b. V = 2000 * 0.0125 * 60 = 1500 mm/min. = 1.5 m/min.

*Contoh 8*: Sebuah servomotor dc dikopelkan langsung dengan sebuah transportir yang akan menggerakkan meja dari sebuah mesin perkakas NC. Sebuah encoder digital yang memancarkan 500 pulsa per putaran dipasang pada ujung bebas transportir. Jika tusuk transportir adalah 5 mm dan motor berputar pada kecepatan 600 rpm, hitunglah:

a. Kecepatan linier meja.
b. SPD dari sistem NC.
c. Frekuensi yang dipindahkan oleh encoder.

***Pemecahan***:

a. V = 600 * 5 = 3000 mm/min. = 3 m/min.
b. SPD = 5/500 = 0.01 mm. Untuk gerakan 1 SPD, satu pulsa dipindahkan oleh *encoder*.
c. F = (3000/60)/0.01 = 5000 ppd.

Salah satu sifat utama dari motor step adalah bahwa kecepatan maksimumnya bergantung kepada momen putar. Semakin tinggi momen putar, semakin rendah frekuensi maksimum yang diizinkan ke motor. Motor step tidak dapat digunakan untuk mesin-mesin yang momen puntirnya tak tetap (berubah-ubah), karena beban besar yang tidak dapat diprediksikan akan mengakibatkan motor kehilangan step yang pada akhirnya akan meng-akibatkan terjadinya kesalahan posisi. Pada sistem kontur untuk mesin perkakas, gaya potong akan membebani motor dengan momen puntir yang dipengaruhi oleh kondisi pemotongan, dan oleh karena itu, motor step tidak direkomendasikan sebagai penggerak untuk sistem kontur tersebut. Motor step dapat digunakan dengan baik untuk sistem pemotongan kontur laser-beam (di mana hanya suatu bayangan yang bergerak) dan untuk mesin gurdi PTP, di mana beban puntir pada motor hampir konstan. Robot industri dan sistem kontur seperti mesin bubut dan mesin frais membutuhkan sistem kontrol loop-tertutup.

## c. Tugas dan Tes Formatif

1. MCU sebuah mesin gurdi menghasilakn pulsa 20.000 perintah dalam 12 detik untuk mengontrol sebuah motor step sumbu gerakan. Jika resolusi kontrol

adalah SPD = 0.01 mm, berapakah jarak yang dilintasi dan kecepatan sumbu bersangkutan (m/min)?

2. Suatu MCU mengontrol dua sumbu gerakan yang saling tegak lurus secara bergantian dengan kondisi seperti dalam soal No. 1. Hitunglah jarak lintasan yang ditempuh dan kecepatannya sepanjang lintasan.
3. Sebuah mesin perkakas digunakan untuk memotong suatu alur dengan sudut 45° sepanjang 50 mm pada bidang XY. Resolusi sistem adalah SPD = 0.01 mm, dan kecepatan pemakanan yang digunakan sepanjang alur = 100 mm/min. Tentukanlah jarak lintasan yang ditempuh (dalam SPD) dan kecepatan (mm/min) dari setiap sumbu.
4. Apakah suatu kontrol loop-terbuka sesuai untuk suatu sistem penggerak pemakanan dari:
   a. Meja mesin gurdi yang selalu bergerak pada kecepatan yang sama dan dengan beban yang sama? Mengapa!
   b. Mesin perkakas yang bergerak pada kecepatan yang bervariasi dengan beban yang berbeda? Mengapa!
5. Perencanaan sebuah sistem kontrol loop-terbuka menggunakan 200 step per putaran motor step sebagai perlengkapan penggerak aksial; resolusi yang diperlukan adalah SPD = 0.01 mm.
   a. Berapakah tusuk ulir transportir jika dikopelkan langsung ke motor, di mana jenis ulir tarnsfortir adalah ulir tunggal.
   b. Untuk tusuk 5 mm, berapakah perbandingan gigi yang diperlukan antara motor dan transportir?

## 2. Kegiatan Belajar 2

# MESIN BUBUT CNC

## b. Tujuan Pembelajaran:

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 2 ini, siswa dapat mengidentifikasi, antara lain;

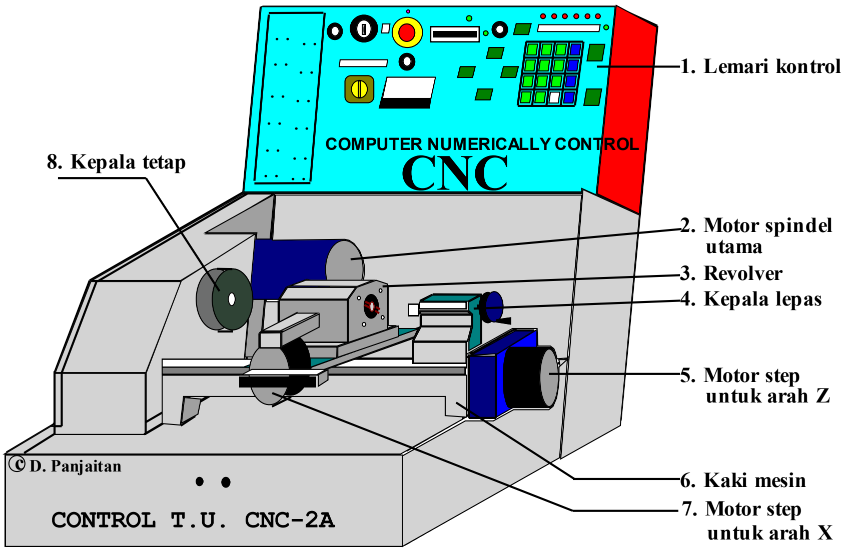
1). Bagian-bagian utama mesin bubut CNC;
2). Mengidentifikasi motor spindel dan motor langkah (Stepping motor)
3). Mengatur kecepatan motor spindel
4). Menjelaskan fungsi piringan berlubang (perporated disk)
5). Memasang alat potong
6). Menyetel kedudukan pisau bubut CNC terhadap benda kerja,

## b. Uraian Materi

Mesin Bubut CNC adalah mesin perkakas dengan dua sumbu yang di-lengkapi dengan kontrol / kendali komputer. Mesin bubutnya itu sendiri sama dengan mesin bubut konvensional, seperti diuraikan di bawah ini.

### 2.1 Bagian-Bagian Utama:

Yang termasuk bagian-bagian utama mesin bubut Bubut CNC ini antara lain adalah seperti diilustrasikan pada Gambar 2.1 di bawah:



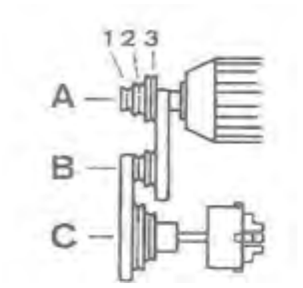

Gambar 2.1 Mesin Bubut CNC

## 2.2 Motor Utama dan Amperemeter

Motor arus searah manit permanen dengan kecepatan variabel. Jenjang kecepatan adalah 1 : 7, dengan jenjang putaran 600 s.d. 4000 putaran/minit, di mana tegangan masuk ($P_1$) = 500 W dan tegangan keluar ($P_2$) = 300 W.

Motor dilindungi dari beban lebih dengan arus 4 Amper sehingga motor terhindar dari kemungkinan terbakar. Oleh karena itu pada setiap mesin dipasang ampermeter. Melalui ampermeter ini, operator dapat memantau beban yang diterima spindel utama akibat kedalaman pemotongan, atau alat potong yang tidak sesuai (tidak tajam). Dengan demikian, ampermeter ini juga berfungsi untuk menampilkan konsumsi arus aktual dari motor penggerak.

Pada ujung lainnya dari spindel utama, terdapat tiga puli. Masing-masing puli dirancang dan dibuat tiga tingkat. Puli pertama terpasang pada spindel utama, puli kedua sebagai perantara, dan puli ketiga terpasang pada spindel motor, lihat Gambar 2.2. Dengan demikian, kecepatan spindel dapat diatur sampai enam tingkat kecepatan.



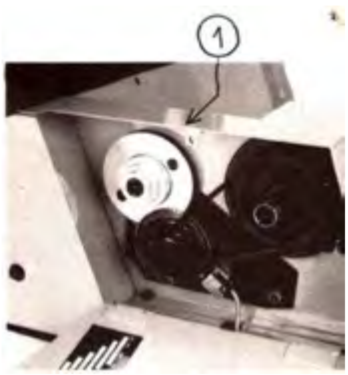

Gambar 2.2. Puli bertingkat

Sabuk puli A (motor) dan sabuk puli B (puli antara) tetap tidak dapat diubah. Semen-tara sabuk pili B ke puli C (spindel utama) dapat diatur dalam tiga posisi, yakni $BC_1$, $BC_2$, dan $BC_3$.

Sambungan puli tingkat ke dua berikutnya adalah hubungan puli A ke puli spindel utama (C), yakni $AC_1$, $AC_2$, dan $AC_3$.

Prosedur pemindahan sabuk pada puli, perhatikan Gambar 2.3:

a. Kendorkan mur segi enam (1) yang terdapat dalam rumah spindel utama.
b. Angkat motor,
c. Pasang / pindahkan posisi sabuk ke tingkat yang dikehendaki.
d. Sambil menekan motor ke bawah, kencangkan mur segi enam tadi.



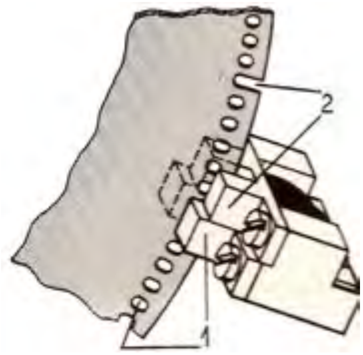

Gambar 2.3. Rumah Puli

Adapun jenjang putaran spindel utama adalah 50 s.d. 3200 putaran/minit, di mana spindel utama dilengkapi dengan:

a. Cekam rahang 3 ∅ 80 mm;
b. Piring pembawa ∅ 90 mm,
c. Pelat cekam ∅ 90 mm, dan
d. Pemegang kolet untuk kolet ES X 25

Mesin bubut CNC unit didaktik ini dilengkapi dengan piringan berlubang, lihat Gambar 2.4, yang berfungsi untuk:

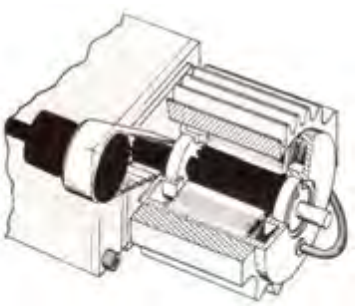
a. Mengirimkan data kecepatan spindel ke penampil digital CNC.
b. Merespon data penguliran, antara lain:
   i. Alur 1, merupakan penghalang sinar 1 yang berfungsi untuk mengukur jumlah putaran spindel dan meneruskannya ke EFROM (CPU) komputer CNC.
   ii. Alur 2, penghalang sinar 2 berfungsi untuk menginformasikan posisi sudut spindel utama ke CPU.




Gambar 2.4. Piringan Berlubang (*Perporated Disk*)

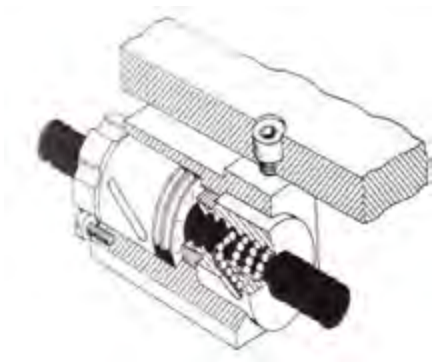
Telah diuraikan pada kegiatan belajar terdahulu, bahwa putaran motor (motor step) terbagi dalam sejumlah langkah, dalam hal ini adalah 72 langkah, yang berarti sudut putar dari satu langkah adalah 360° : 72 = 5°, dengan data teknis sebagai berikut:

a. Kecepatan eretan memanjang dan melintang.
   i. Jenjang kecepatan pemakanan secara manual = 5 – 400 mm/min.
   ii. Jenjang kecepatan pemakanan secara CNC (terprogram) = 2 s.d. 499 mm/min
b. Lintasan terkecil eretan yang dapat digerakkan adalah = 0.0138 mm.
c. Panjang eretan memanjang mesin = 300 mm
d. Panjang eretan melintang = 50 mm.
e. Penunjukan pada penampil (*display*) adalah 1/100 mm (=0.01 mm), perhatikan SPD atau BLU yang telah diuraikan terdahulu.
f. Daya asutan pada eretan = ± 1000 N.



Gambar 2.5. Motor Step

Tranfortir mesin bubut unit di-daktik ini merupakan poros de-ngan ulir bulat yang bergerak dengan sekrup bantalan peluru, tanpa kelonggaran, sehingga ha-sil lintasannya cukup akurat.



Gambar 2.6 Tranfortir dan Sekrup bantalan peluru

Reduksi motor langkah (*motor step*) terhadap batang ulir eretan, di mana lintasan terkecil eretan memanjang dan melintang pada langkah putaran motor 5° adalah 0.0138 mm, yang pada display tertayang pembulatan yakni 0.01 mm., lihat Tabel 2.1 berikut:

Tabel 2.1 Sajian Lintasan Eretan

| Langkah(sudut motor langkah) | Jarak lintasan (mm) | Penunjukan pada penampil (1/100) mm |
|---|---|---|
| 1. Langkah (5°) | 0.0138 | 1 |
| 2. Langkah (10°) | 0.0277 | 3 |
| 3. Langkah (15°) | 0.0416 | 4 |
| 4. Langkah (20°) | 0.0555 | 6 |
| 5. Langkah (25°) | 0.0694 | 7 |
| 6. Langkah (30°) | 0.0833 | 8 |
| 7. Langkah (35°) | 0.0972 | 10 |
| 8. Langkah (40°) | 0.111 | 11 |
| 9. Langkah (45°) | 0.125 | 12 |

## 2.3 Pemegang Pahat

Pemegang pahat yang digunakan pada mesin CNC TU – 2A adalah pemegang pahat biasa, seperti yang sering digunakan pada mesin bubut konvensinal, di mana alat potongnya dapat dipasang pada posisi depan atau pada posisi belakang, lihat gambar 2.7.

Adapun dimensi pahat bubut (pemegang alat potong) adalah 12 x 12 mm, dengan cara pemasangan sebagai berikut:

1). Pasang pahat pada pemegangnya,
2). Pasang pemegang pahat pada pen-jepit yang terpasang pada bloknya,
3). Putar mur berkartel (1) hingga puncak mata alat potong (pahat) berada tepat setinggi senter, lalu kencangkan baut silinder (2) dan pemegang pahatnya dengan baut penetap (3), lihat Gambar 2.7




Gambar 2.7. Blok rumah pahat

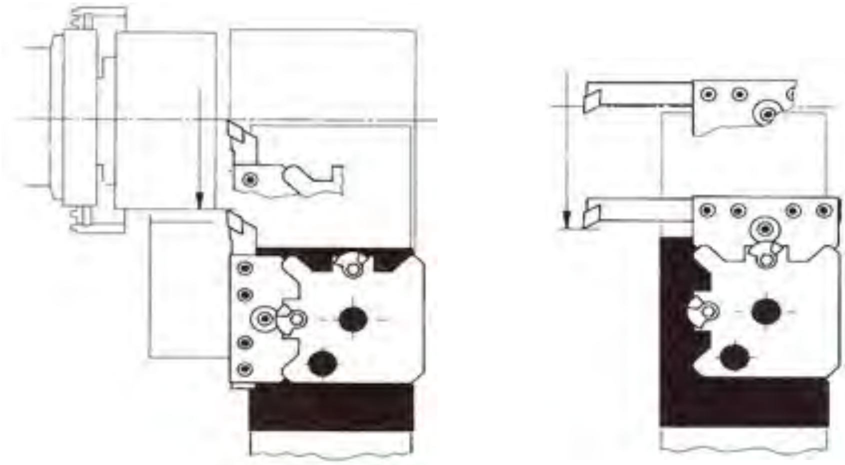
### 3.1 Posisi Pemegang pahat

Pemegang alat potong dapat dipasang baik pada posisi depan maupun posisi belakang, seperti diilustrasikan dalam Gambar 2.8.a dan 2.8.b.

**a.`Posisi depan**

Diameter luar: Diameter dalam:

∅ 0 sampai dengan ∅ 80 mm ∅ 14 sampai dengan ∅ 100 mm

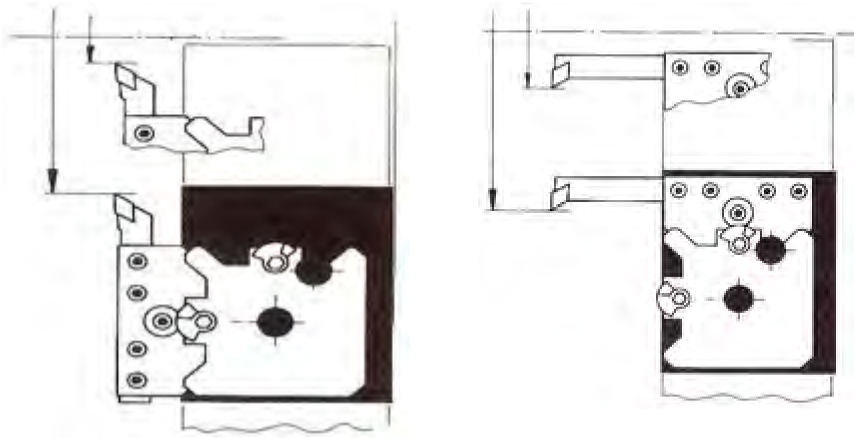


Gambar 2.8.a. Pemegang alat potong pada posisi depan

**a. Posisi belakang**

Diameter luar: Diameter dalam:

∅ 20 sampai dengan ∅ 120 mm ∅ 50 sampai dengan ∅ 130 mm



Gambar 2.8.b. Pemegang alat potong pada posisi depan

### b. Pahat Kanan dan Penggunaannya

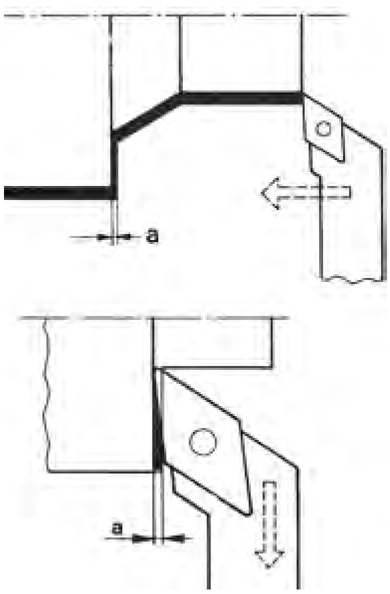
Dalam program CNC, pahat di alamatkan pada alamat T, dan pahat kanan (Gambar 2.9) biasanya diberi kode 01. Jadi pengalamatan pahat kanan dalam hal ini adalah T01. Bila ingin memasukkan data kompensasi alat potong baik arah X, Z, dan R (Radius puncak mata alat potong) di simpan dalam nomor daftar data 01. Jadi apa bila dalam program terbaca T0101, artinya adalah di mana 01 yang pertama merupakan nomor posisi alat potong dalam revolvernya, sementara 01 yang kedua merupakan penyimpanan data kompensasi alat potong. Pahat kanan biasanya digunakan untuk pembubutan memanjang, melintang (bubut muka) dan bubut tirus.

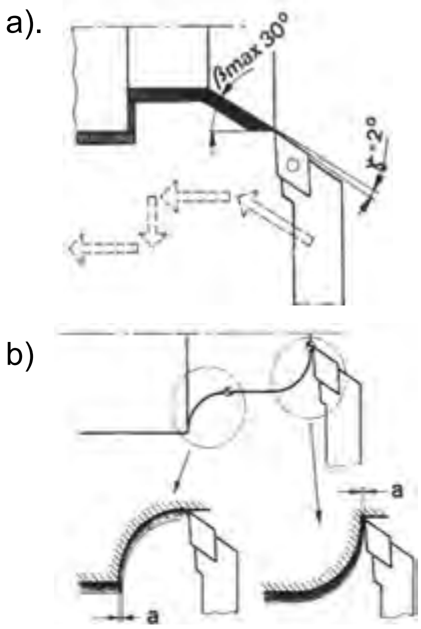



Gambar 2.9. Pahat kanan

Perhatikan Gambar 2.9, ketika pemegang alat potong dipasang tegak lurus (90°) terhadap permukaan keliling benda kerja, sudut sisi mata potong otomatis akan membentuk sudut 93° terhadap sumbu memanjang eretan karena mata alat potong sudah didesain sedemikian rupa.

Dengan posisi alat potong tersebut maka tebal penyayatan (a) lihat Gambar 2.10, hanya boleh maksimum 0.3 mm. Karena apabila lebih tebal maka beban penyayatan akan besar, sehingga hasil penyayatan menjadi kasar dan beban spindel dan eretanpun menjadi besar pula.



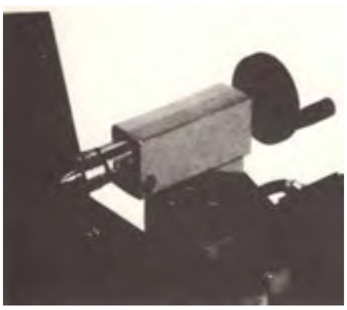

Gambar 2.10 Penyayatan memanjang dan melintang

Gambar 2.11 Penyayatan bentuk dan radius

Pembubutan bentuk hanya boleh dilakukan jika bentuk yang akan dibubut tidak memiliki sudut lebih besar dari sudut sisi belakang alat potong, yakni 30°, lihat Gambar 2.11a. Sementara dalam pembubutan radius, dalamnya pemotongan maksimal pada akhir satu kuadran (radius negatif/cekung) adalah 0.3 mm. Sementara dalamnya pemotongan pada awal seperempat lingkaran positif (cembung), juga adalah 0.3 mm, Gambar 2.11b.

## 2.4 Kepala Lepas

Sebagaimana pada mesin bubut konvensional, kepala lepas (Gambar 2.12) berfungsi sebagai pendukung / penyangga benda kerja dengan menggunakan sen-ter atau di antara 2 senter dan untuk melakukan penggurdian (membuat lubang) dan pembuatan lubang senter.

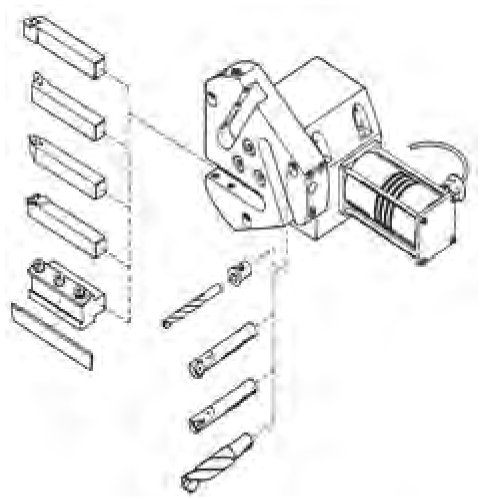


Gambar 2.12. Kepala Lepas

**Penggurdian**:

Untuk membuat lubang sampai dengan ∅ 8 mm, dapat dilakukan dengan menggunakan laras kepa-la lepas yang dipasangi pencekam bor yang mempunyai tangkai tirus dengan MT 1. Selanjutnya asutan mata bor dapat dilakukan dengan memutar roda tangan yang ter-dapat pada kepala lepas, lihat Gambar 2.12.

Mesin bubut CNC didaktik ini juga dilengkapi dengan revolver pahat yang dapat memuat 3 pahat luar dan 3 alat potong dalam, lihat Gambar 2.13.



Gambar 2.13 Revolver Alat-potong

## c. Tes Formastif

1. Sebutkan 6 komponen utama dari bagian-gabian utama Mesin Bubut CNC unit Didaktik!
2. Jelaskan prosedur memasang dan memindahkan posisi sabuk pada puli motor spindel!
3. Jelaskan dengan singkat fungsi dari piringan berlubang (perporated disk)
4. Berapakah:
   a. Jenjang kecepatan pemakanan secara manual
   b. Jenjang kecepatan pemakanan secara CNC
5. Berapakah:
   a. Panjang eretan melintang mesin bubut CNC unit didaktik
   b. Panjang eretan memanjang mesin bubut CNC unit didaktik
6. Apakah yang dimaksudkan dengan satuan panjang dasar dan bagaimana hubungannya dengan nilai yang terlihat pada penampil digital?

7. Jelaskan cara pemasangan pahat bubut pada blok/rumah pemegang pahat!
8. Dalam pengalamatan alat potong T02, apakan yang dimaksudkan dengan 02 dalam pengalamatan tersebut?
9. Bilakah ketebalan atau tebal penyayatan maksimun 0.3 mm harus diterapkan?
10. Jelaskan fungsi dari kepala lepas pada mesin bubut CNC unit didaktik!

## 3. Kegiatan Belajar 3

# KONTROL MESIN BUBUT CNC

### c. Tujuan Pembelajaran:

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 3 ini, siswa dapat mengidentifikasi, antara lain;

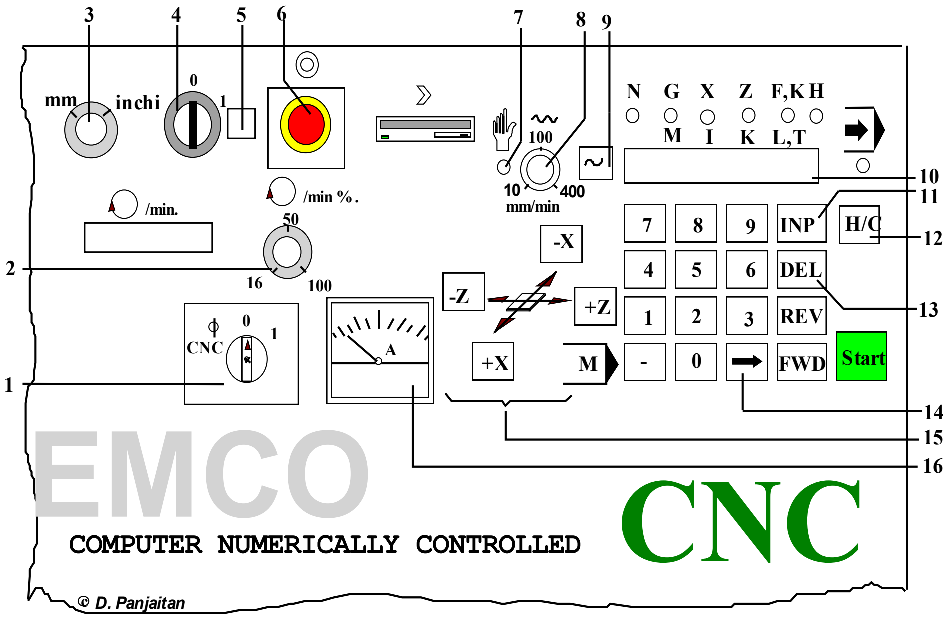
1). Bagian-bagian kontrol mesin bubut CNC, baik pelayanan manual maupun pelayanan CNC;
2). Mengidentifikasi unsur-unsur pelayanan manual,
3). Menyebutkan fungsi setiap tombol dan knop,
4). Mengoperasikan Bubut CNC secara manual melalui pengamatan dan latihan.

### b. Uraian Materi

Mesin bubut CNC unit didaktik mempunyai unit kontrol yang berfungsi dalam melayani pengoperasian secara manual dan secara CNC

### 3.1 Pelayanan Manual

Unsur-unsur pengendali – pelayanan manual Bubut CNC ditempatkan pada permukaan papan tombol seperti dilukiskan dalam gambar 3.1 berikut ini:




Gambar 3.1 Tampilan papan tombol Bubut CNC — untuk pelayanan manual

**Keterangan Gambar**:

1. Sakelar ON/OFF spindel untuk operasi CNC atau MANUAL,
2. Knop pengatur prosentase kecepatan spindel,
3. Knop pilihan mm/inci.
4. Sakelar utama — ON atau OFF,
5. Lampu penunjuk arus masuk,
6. Tombol darurat,
7. Lampu penunjuk operasi manual,
8. Knop pengatur kecepatan pemakanan (10 s.d. 400 mm/min),
9. Tombol pelintas cepat — tombol ini ditekan bersamaan dengan salah satu tombol penggerak eretan pada arah relatif,
10. Penampil jarak lintasan meja pada sumbu ± X, ± Z, dalam per seratus mm atau per seribu inci.

    Gerakan ke arah positif pada sumbu relatif ditunjukkan dengan angka tanpa tanda, sedangkan gerakan ke arah negatif pada sumbu relatif ditunjukkan dengan tanda minus.

Contoh: Pada penampil dalam alamat sumbu relatif tertayang angka seperti berikut di nawah ini:

a). 250

Meja mesin digerakkan ke arah ***positif*** sumbu relatif sejauh 2.5 mm atau 0.25 inci

b). -250

Meja mesin digerakkan ke arah ***negatif*** sumbu relatif sejauh 2.5 mm atau 0.25 inci

11. Tombol **INP**. Dengan tombol **INP** ini, Anda dapat memasukkan kombinasi angka untuk suatu jarak yang akan dilintasi meja,
12. Tombol **H/C** adalah tombol pilihan pelayanan secara **MANUAL** atau **CNC**. Apabila tombol H/C ditekan, maka lampu pelayanan CNC menyala, dan apabila ditekan sekali lagi, maka lampu pelayanan manual menyala yang berarti mesin siap dioperasikan secara manual.
13. Tombol **DEL**: tombol ini berfungsi untuk menghapus nilai yang terdapat dalam alamat sumbu relatif yang aktif dan diset ke 0 (nol),
14. Tombol →: tombol untuk mengubah alamat sumbu relatif aktif (sumbu **X**, atau atau sumbu **Z**),
15. Tombol-tombol untuk penggerak meja arah memanjang, melintang atau vertikal, baik ke arah positif maupun ke arah negatif,
16. **Ammeter** (ampheremeter): alat ukur pemakaian arus berkenaan de-ngan beban potong (gaya aksial atau gaya radial) yang diterima spindel,

### a. Penyetelan Kedudukan Pahat Bubut terhadap Benda Kerja.

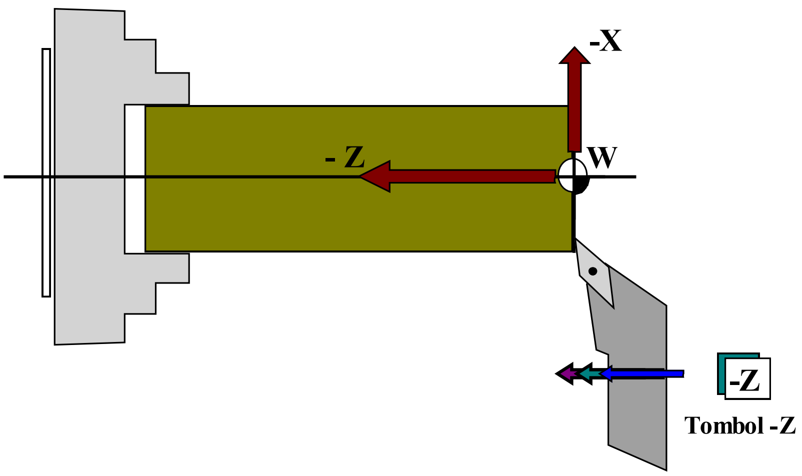
Dalam operasi pembubutan, pada umumnya pemesinan didasarkan atas ukuran yang ditunjukkan pada sisi luar benda kerja. Agar ukuran-ukuran hasil pemesinan (pembubutan) setepat mungkin, maka diusa-hakanlah untuk menetapkan suatu titik awal pengerjaan. Dengan di-tentukannya

titik awal ini, maka kedudukan puncak mata pisau bubut terhadap sumbu benda kerja atau terhadap permukaan keliling dan muka benda kerjapun dapat diketahui/ditetapkan. Ada beberapa cara yang dapat dilakukan untuk mendapatkan kedudukan puncak mata pisau bubut terhadap benda kerja, antara lain ialah:

i. Dengan menggoreskan puncak mata pahat bubut ke permukaan keliling atau ke ujung (muka) benda kerja;
ii. Dengan menggunakan dial indikator.
   Dalam pembahasan kegiatan belajar 3 ini, akan dibahas mengenai metode penggoresan (scratching), seperti diillustrasikan di bawah ini:

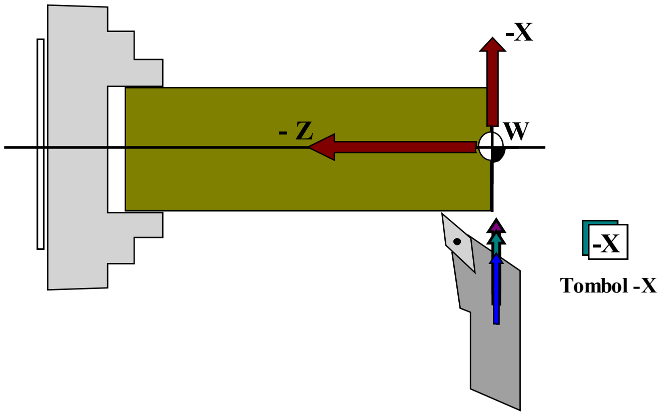
<u>Prosedur Penyetelan Kedudukan Puncak Mata Pisau Bubut Terhadap Benda Kerja dengan Metode Penyentuhan</u>

a). Tekan tombol - X dan tombol - Z secara bergantian, hingga puncak mata alat potong berada pada daerah permukaan ujung (muka) benda kerja. Lalu tekan tombol -Z untuk menggerakkan eretan arah memanjang mesin, hingga puncak mata alat potong menyentuh permukaan ujung (muka) benda kerja, lihat Gambar 3.2. Pada kedudukan ini, hapus data yang tertayang dalam alamat Z dengan menekan tombol **DEL**, sehingga pada penampil atau monitor data alamat yang terbaca pada alamat Z = 0




Gambar 3.2 Posisi puncak mata alat-potong terhadap benda kerja arah Sumbu Z.

b). Tekan tombol + X dan tombol + Z secara bergantian, hingga puncak mata alat potong menjauh dari daerah benda kerja (bebas dari benda kerja). Kemudian Tekan tombol - X dan tombol - Z secara bergantian, hingga puncak mata alat potong berada pada daerah permukaan keliling benda kerja. Kemudian, tekan tombol - X untuk menggerakkan eretan, hingga puncak mata alat potong menyentuh permukaan kelil;ing benda kerja, lihat Gambar 3.3




Gambar 3.3 Posisi puncak mata alat-potong terhadap benda kerja arah Sumbu X.

Pada kedudukan ini, hapus data yang tertayang dalam alamat X dengan menekan tombol **DEL**, sehingga pada penampil atau monitor data alamat yang terbaca pada alamat X = 0. Selanjutnya, jauhkan alat-potong dari daerah permukaan benda kerja, dengan menekan tombol-tombol X dan Z secara bergatian.

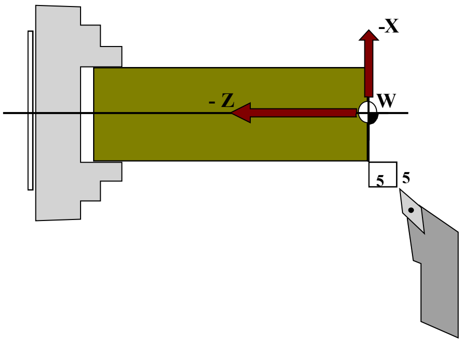
Apabila ukuran benda kerja ∅ 25.4 x 120 mm, dihubungkan dengan kedudukan puncak mata pahat bubut hasil penyetelan di atas ( X=0, dan Z=0), maka jarak sumbu dan muka benda kerja (titik nol benda kerja (W) ke puncak mata alat potong adalah 12.7,0. Dengan G92, posisi puncak mata alat-potong ke sumbu benda kerja selalu dihitung berdasarkan diameter. Oleh karena itu, koordinat posisi puncak mata alat potong adalah 25.4,0.

## b. Penyetelan titik nol benda kerja

Diameter benda kerja yang akan dibubut adalah ∅ 25.4 mm.

Sesuai dengan salah satu keuntungan mesin bubut CNC adalah pengerjaan komponen berjumlah banyak, di mana ukuran dan bentuk-nya sama, maka perlu ditetapkan suatu titik pedoman pengerjaan dengan posisi yang sama dan tetap untuk semua benda kerja tersebut. Titik pedoman pengerjaan ini disebut dengan titik nol benda kerja — W = Workpiece Zero Point, lihat Gambar 3.4 di bawah.

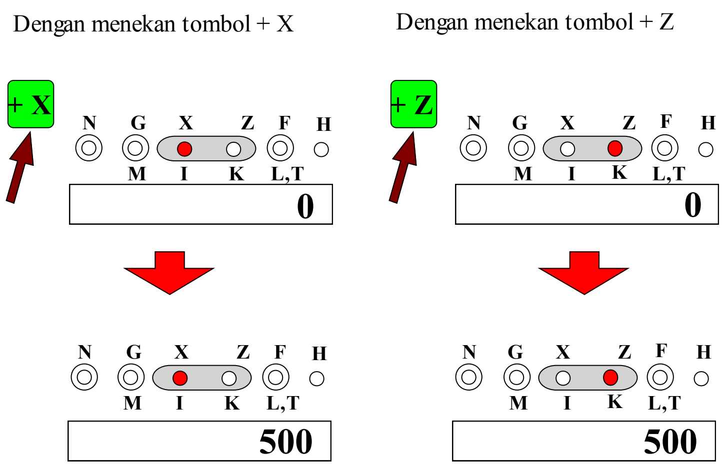
Untuk mesin bubut, dengan G92, titik nol benda kerja, berada pada sepanjang sumbu benda kerja. Dan untuk memudahkan pengerjaan dan perhitungan dalam penyusunan program, maka titik nol benda kerja ini ditempatkan pada ujung luar (ujung sebelah kanan (muka) benda kerja.




Gambar 3.4 Posisi alat-potong ke titik nol benda kerja.

Dengan demikian, titik nol benda kerja adalah titik awal koordinat pemesinan, di mana koordinat titik awalnya adalah X, Z = 0,0.

Agar titik nol alat potong (puncak mata alat potong) betul-betul berimpit dengan perpotongan ujung muka dan permukaan keliling benda kerja, maka eretan memanjang dan melintang harus digeser dengan menekan tombol - X dan - Z sampai pada penampil kedua alamat tersebut , terbaca masing-masing angka nol, lihat gambar 3.5 dan 3.6 di bawah. Posisi ini sebenarnya menunjukkan koordinat 25.4,0 (karena diameter benda kerja adalah 25,4 mm.



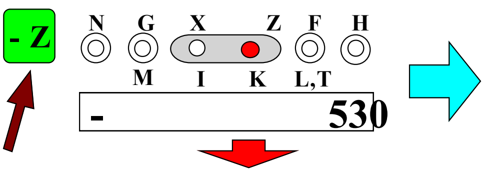

Gambar 3.5 Perubahan data alamat setelah menekan tombol relatif

.Sesuai dengan penunjukan angka pada penampil alamat X dan Z, apabila diminta puncak mata pahat dijauhkan dari benda kerja masing-masing arah sumbu sebesar 5 mm, lihat Gambar 3.4, Anda cukup menekan tombol + X hingga pada penampil menunjukkan angka 500 pada alamat X. Demikian pula halnya pada arah sumbu +Z, setelah eretan memanjang digerakkan, pada alamat Z terbaca angka 500, seperti terlihat pada Gambar 3.5 di atas.

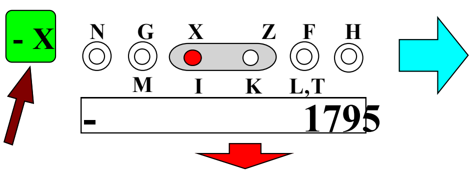
Pada posisi ini, ujung sumbu alat potong berada masing-masing 5 mm dari ujung (muka) dan sisi (permukaan keliling) benda kerja. Selanjutnya, dengan tombol DEL, hapus angka-angka pada kedua alamat tersebut.

**Prosedur Pembubutan bahu**:

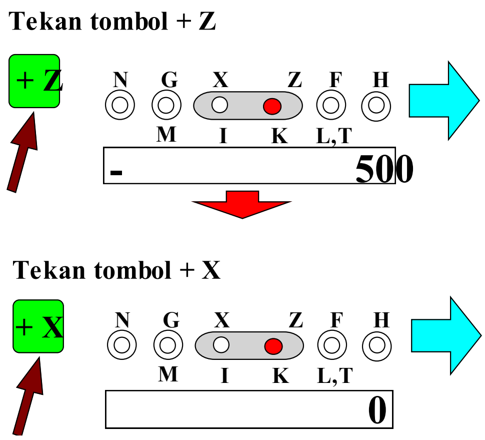
Tekan tombol -Z




Tekan tombol - X




Untuk membubut bahu, tebal pe-makanan maksimum yang diizin-kan adalah 0,3 mm. Jadi untuk membubut bahu, pertama sekali tempatkan puncak mata alat potong -0,3 mm pada sumbu Z, dihitung dari daerah nol sumbu Z.




Lakukan gerak penyayatan de-ngan menekan tombol -X, sam-pai puncak mata alat potong me-lewati sumbu benda kerja kira-kira 0.25 mm, agar permukaan ujung benda kerja betul-betul da-tar. Dengan demikian pada pe-nampil harus terbaca data ala-mat sumbu X - 1795.

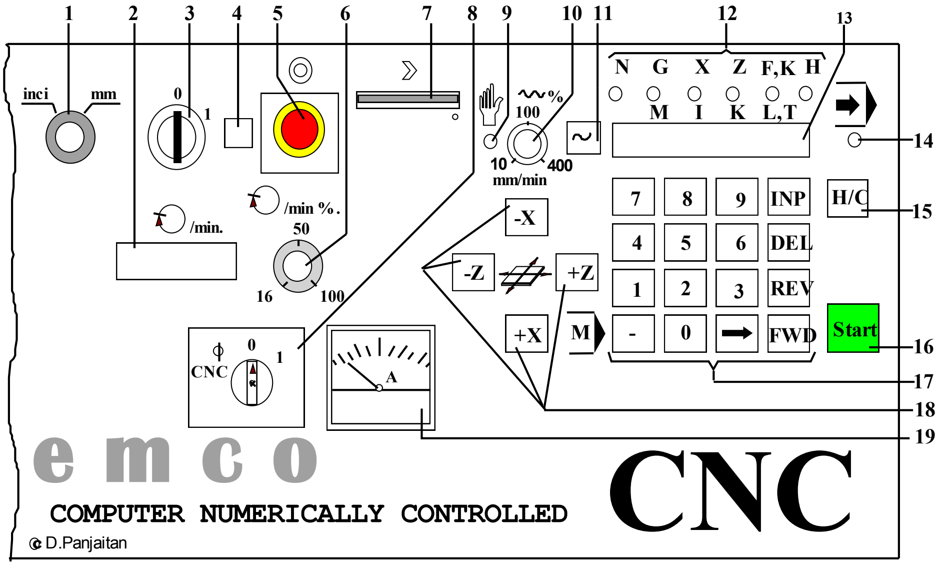
Jauhkan puncak mata alat-potong (pahat bubut) 0.5 mm dari permukaan ujung benda kerja arah sumbu Z, sehingga pada penampil terbaca data alamat Z 500.

Dengan menekan tombol + X, mundurkan pahat hingga pada penampil terbaca data alamat X = 0.
Pembubutan muka ini dilakukan dengan menyetel knop pengatur kece-patan pemakanan sebesar 100 mm.

Catatan:
a. Tanpa penetapan G90 atau G92, eretan-eretan Mesin Bubut CNC ini akan bergerak secara inkremental.
b. Mesin Bubut CNC telah diset secara inkremental. Untuk absolut akan dibahas kemudian pada topik selanjutnya.

## 3.2 Pelayanan CNC

Unsur-unsur pengendali – pelayanan CNC adalah semua piranti yang terdapat pada permukaan papan tombol seperti dilukiskan dalam Gambar 3.6 berikut ini:




Gambar 3.6 Tampilan Kontrol Mesin Bubut CNC

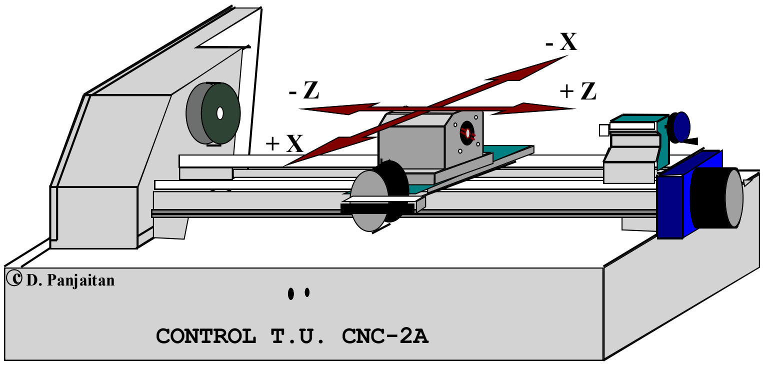
**Keterangan gambar:**

1. Sakelar pilihan satuan — MM atau INCI.
2. Penampil digital kecepatan spindel (RPM).
3. Sakelar utama — **ON** atau **OFF**.
4. Lampu penunjuk arus masuk.
5. Tombol darurat.
6. Knop pengatur prosentase kecepatan spindel.
7. Penggerak disket
8. Sakelar **ON** spindel untuk operasi CNC atau MANUAL.
9. Lampu penunjuk operasi ma-nual.
10. Knop pengatur kecepatan pemakanan (10 s.d. 400 mm/min).
11. Tombol pelintas cepat — tombol ini ditekan bersamaan dengan salah satu tombol penggerak eretan pada arah relatif.
12. Penunjukan alamat-alamat pemprograman.
13. Penampil data alamat aktif dan berbagai jenis alaram.
14. Lampu penunjuk operasi CNC-aktif.
15. Tombol pilihan pelayanan secara MANUAL atau CNC.

16. Tombol **START** — tombol untuk menjalankan mesin berdasarkan program yang telah tersimpan dalam RAM.
17. Tombol-tombol untuk pemasukan data setiap alamat pemprograman serta untuk pengeditan (perbaikan) program:
    - Tombol angka 0 - 9: Tombol-tombol untuk memasukkan kombinasi angka pada alamat-alamat **G/M**, **X/I**, **Z/K**, **T/K/L/T**, dan **H**.
    - Tombol - (tanda minus): Tombol untuk menetapkan arah lintasan, seperti negatif **X** atau negatif **Z**.
    - Tombol **INP**: Tombol untuk menetapkan data alamat yang dimasukkan.
    - Tombol **DEL**: Tombol untuk menghapus data per alamat.
    - Tombol **REV**: Tombol untuk memundurkan kursor blok per blok.
    - Tombol **FWD**: Tombol untuk memajukan kursor blok per blok.
    - Tombol **tanda panah**: Tombol untuk memajukan kursor alamat per alamat.
    - Tombol **M**: Tombol untuk mengaktifkan fungsi **M**, dan untuk menguji ketepatan data geometris program.
18. Tombol-tombol penggerak eretan secara manual arah relatif dengan motor step:
    - Tombol **-X**: penggerak eretan arah melintang menjauhi opertor atau mendekati titik sumbu benda kerja.
    - Tombol **+X**: penggerak eretan arah melintang mendekati operator atau menjauhi sumbu benda kerja.
    - Tombol **-Z**: penggerak eretan arah memanjang mesin mendekati spindel utama (kepala tetap) atau menjauhi kepala lepas.
    - Tombol **+Z**: penggerak eretan arah memanjang mesin menjauhi spindel utama (kepala tetap) atau mendekati kepala lepas.
19. Ammeter — amperemeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur pemakaian arus berkenaan dengan beban potong (gaya aksial atau gaya radial) yang diterima spindel.

## i. Sistem Sumbu mesin Bubut CNC

Pada mesin Bubut CNC dikenal dengan dua gerakan yakni gerakan memanjang dan gerakan melintang. Informasi gerakan eretan mesin arah memanjang atau arah melintang tersebut adalah bertitik tolak dari sistem koordinat, seperti yang telah kita kenal sehari-hari melalui ilmu trigonometri. Gerakan eretan arah memanjang mesin disebut dengan sumbu Z, sedangkan gerakan melintang disebut dengan sumbu X, perhatikan illustrasi pada Gambar 3.7 di bawah ini:

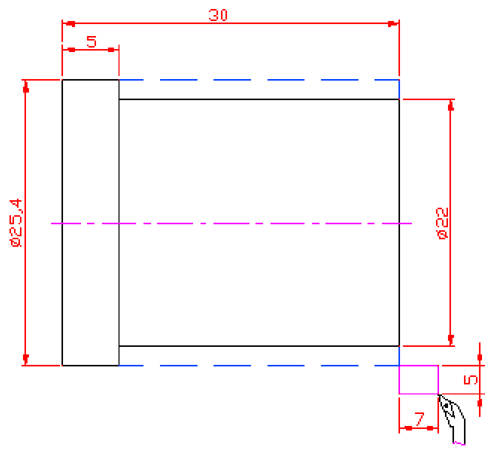



Gambar 3.7 Ilustrasi Sistem Sumbu Mesin Bubut CNC

### c. Lembar Tugas

| | | |
|---|---|---|
| **SMK** ......................... | Kegiatan Belajar 3 | Lembar Tugas/Evaluasi |
| **Jurusan**: Mesin | | Kode: |
| **Mata Pelajaran**: Teknik Pemesinan CNC | **Pelayanan Manual** | Waktu: 45 menit |
| **Kelas**: XII | | |

1. Jelaskan prosedur penyetelan titik awal puncak mata alat potong terhadap permukaan benda kerja.
2. Isilah tabel data sesuai dengan yang diperlukan.
3. Lakukan pemotongan secara manual untuk mendapatkan ∅ 22 mm.




***Catatan***: Untuk bahan Aluminium Otomattis (Torradur B) maksimum Kedalaman pemotongan = 1 mm

| Penyetelan puncak mata alat potong | | | No. | Pembubutan ∅ 22 mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **X** | **Z** | Keterangan | | **X** | **Z** | **F** | **H** | Keterangan |
| | | | 1. | | | | | |
| | | | 2. | | | | | |
| | | | 3. | | | | | |
| | | | 4. | | | | | |
| | | | 5. | | | | | |
| | | | 6. | | | | | |

| Bahan | Tool: HSS | | Toll: Carbide Tip | |
|---|---|---|---|---|
| | Cs = ... mm/min | F = … mm/put | Cs = ... mm/min | F = … mm/put |
| Aluminium | … | … | … | … |
| Mild Steel | … | … | … | … |
| ... | … | … | … | … |

| | |
|---|---|
| **Direktorat Pembinaan SMK** | Alat Potong: HSS/Carbide<br>Bahan : Al / MS |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nama Pekerjaan**: Setting Alat Potong dan Pemesinan secara manual | Skala: | Digambar: | D. Panjaitan |
| | 2 : 1 | Dilihat: | |
| | | Diperiksa: | |
| | | Disetujui: | |
| Waktu: ... (min) | Ukuran : mm | No. Lembar Kerja: Bu.001 | |

| | | |
|---|---|---|
| **SMK** ......................... | Jenis Pekerjaan: | LEMBAR PENILAIAN: |

<table>
<tr><td>Jurusan: Mesin</td><td colspan="3" rowspan="3">Bubut memanjang secara manual</td><td colspan="2">Pencapaian waktu: ... minit</td></tr>
<tr><td>Mata Pelajaran:<br>Teknik Pemesinan CNC</td><td colspan="2" rowspan="2">Nama Siswa:</td></tr>
<tr><td>Kelas: XII</td></tr>
<tr><td colspan="2">Dikerjakan tgl.: ...</td><td colspan="4">Selesai tgl.: ...</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Komponen</td><td rowspan="2">Sub-Komponen</td><td colspan="2">Skor</td><td rowspan="2" colspan="2">Keterangan</td></tr>
<tr><td>Standar</td><td>Pencapaian</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Metode</td><td>1. Langkah Kerja:</td><td>3</td><td></td><td rowspan="12" colspan="2"></td></tr>
<tr><td>2. Sikap Kerja:</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Penggunaan Alat</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Keselamatan Kerja:</td><td>3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="5">Keterampilan</td><td>1. Ketepatan titik nol</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Diameter 22 mm</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Panjang 25 mm</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Kehalusan</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>5. Kesejajaran</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Waktu</td><td>1. Tepat</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Lambat</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Jumlah:</td><td>100</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="6">Predikat:</td></tr>
</table>

............................, .................

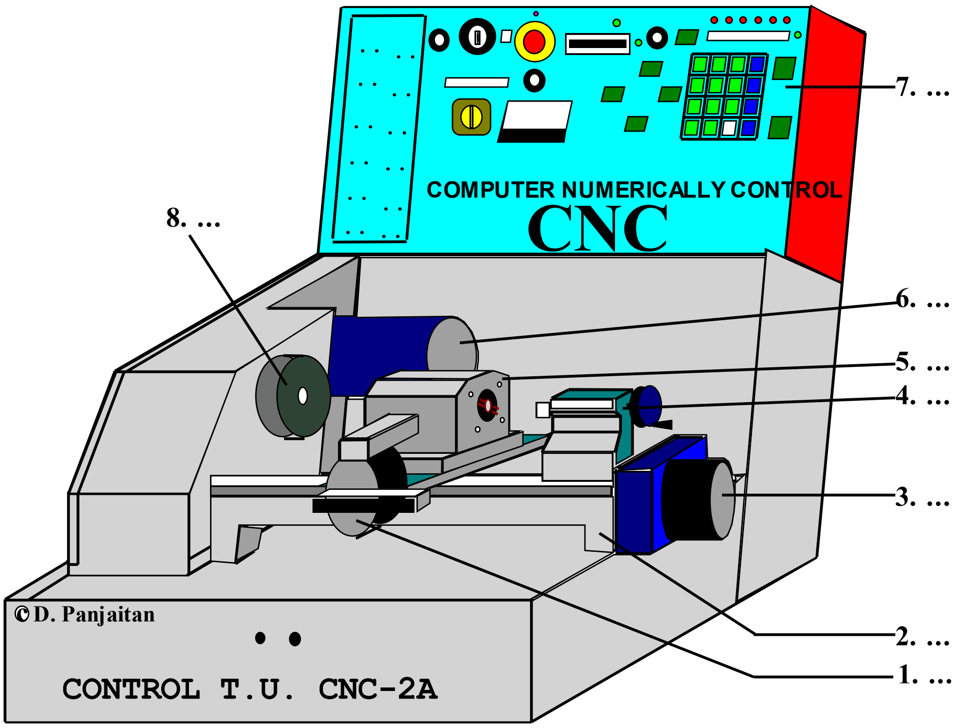
Guru Praktek,

...............................................

NIP. ....................................

## d. Tes Formatif

Lengkapilah nama bagian gambar berikut!




1. ................................................
2. ................................................
3. ................................................
4. ................................................
5. ................................................
6. ................................................
7. ................................................
8. ................................................

## 4. Kegiatan Belajar 4

# TEKNOLOGI PEMOTONGAN

### d. Tujuan Pembelajaran:

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 4 ini, siswa dapat mengidentifikasi, antara lain;

1. Membaca diagram F - t, S - d , dan F - d,
2. Menentukan kecepatan pemakanan,
3. Menetapkan atau memilih jenis mesin perkakas yang akan digunakan,
4. Menjelaskan perbedaan antara akurasi dengan resolusi

### Uraian Materi

Mesin perkakas yang dikendalikan secara numeris harus direncanakan dengan lebih baik, konstruksi harus lebin baik, dan lebih akurat daripada mesin perkakas konvensional. Karena mesin NC memerlukan investasi modal yang relatif besar, maka diharapkan penggunaannya harus efisien. Oleh karena itu perlu untuk meminimalkan waktu pemesinan tanpa beban — tanpa pemotongan, gunakan metoda penggantian alat potong cepat, dan minimalkan gerak idel dengan meningkatkan kecepatan lintasan.

## 4.1 Kualitas Hasil Pemesinan

Pemesinan adalah proses manufaktur (pempabrikan) di mana ukuran, bentuk, atau sifat permukaan dari suatu komponen diubah dengan membuang sebagian bahan. Oleh karena itu, pemesinan adalah suatu proses yang relatif mahal yang sebaiknya digunakan hanya apabila suatu akurasi yang tinggi dan permukaan penyelesaian yang baik diperlukan.

Ada lima tipe dasar mesin perkakas yang digunakan dalam pemesinan: mesin bubut, mesin gurdi atau mesin bor, mesin frais, mesin sekrap atau planer, dan mesin gerinda. Empat yang pertama, dikelompokkan sebagai mesin perkakas dasar, di mana penggunaan alat potong harus ditajamkan terlebih dahulu, bentuknya harus dipilih, sementara mata potong pada batu gerinda tidak terkontrol.

Operasi pemesinan adalah proses pembentukan beram yang dikerjakan melalui gerakan relatif alat-potong terhadap benda kerja, sebagaimana dilakukan dengan mesin perkakas. Akan tetapi ada juga penyayatan bahan dengan proses kimia, listrik, atau panas sebagaimana dengan proses tak-konvensional seperti ElectroChemical Machining (ECM), Electrical Diascharge Machining (EDM), dan pemesinan laser beam.

Biasanya, kondisi pemotongan dalam pemesinan dengan mesin NC bergantung kepada beberapa variabel yang ditetapkan oleh programmer, dan yang mempengaruhi kecepatan penyayatan benda kerja. Variabel-variabel tersebut ialah kecepatan potong dan ukuran yang akan dipotong, yang berkaitan dengan kecepatan dan kedalaman pemakanan.

*Kecepatan potong* (Cutting Speed = Cs) ditentukan sebagai kecepatan relatif antara alat potong dengan benda kerja, dan dinyatakan dalam satuan m/min, atau feet/min. Pada beberapa mesin (misalnya mesin bubut) benda kerjanya yang berputar untuk memberikan kecepatan potong, sementara pada mesin perkakas lainnya (misalnya mesin gurdi dan mesin frais) alat-potongnya yang berputar untuk memberikan kecepatan potong. Pada mesin NC, *kecepatan spindel*, lebih sering diprogram dari pada kecepatan potong. Kecepatan spindel dihitung oleh programmer berdasarkan kecepatan potong yang

dikehendaki dan diameter benda kerja atau alat-potong, perhatikan tabel contoh di bawah:

**Tabel 4.1 Harga kecepatan potong untuk mesin bubut:**

| **Bahan** | | **Cs** – Kecepatan potong (m/min) | | **F** – lebar penyayatan (mm/put.) | |
|---|---|---|---|---|---|
| Benda kerja | Alat potong | Membubut | Memotong | Membubut | Memotong |
| Aluminium otomatis | Karbida | 150 – 200 | 60 – 80 | 0.02 – 0.1 | 0.01 – 0,02 |

**Tabel 4.2 Harga kecepatan potong untuk mesin frais:**

| **Bahan** | | **Cs** – Kecepatan potong(m/min) |
|---|---|---|
| Benda kerja | Alat potong | |
| Aluminium otomatis | HSS | 44 |
| Baja lunak, Plastik lunak | HSS | 35 |
| Baja perka-kas, Plastik keras | HSS | 25 |

Namun adakalanya informasi tentang kecepatan potong tidak begitu je-las, khususnya untuk kebutuhan praktek sejalan dengan jenis dan kualitas alat potong yang digunakan. Untuk menghindari akan kemung-kinan timbulnya keragu-raguan, digunakanlah suatu ketentuan berdasarkan defenisi kecepatan potong tersebut yakni bahwa kecepatan potong adalah hasil perbandingan terbalik antara keliling lingkaran benda kerja dengan kecepatan spindel.

*Kedalaman pemotongan* (t) ditetapkan sebagai jarak proyeksi alat-potong dari permukaan awal benda kerja yang dinyatakan dalam per seribu inci atau per seratus milimeter. Kedalaman pemotongan menentukan dimensi linier penampang melintang dari bidang ukur yang dipotong.

*Lebar pemakanan/penyayatan* (f) merupakan dimensi linier kedua yang menentukan penampang melintang dari bidang ukur yang dipotong. Lebar pemakanan ditetapkan sebagai gerak menyamping antara tool terhadap benda kerja ketika operasi pemesinan. Pada mesin bubut dan mesin gurdi, lebar penyayatan dinyatakan dalam satuan panjang per putaran: inci/ put. atau mm/put. Pada mesin frais, lebar penyayatan ini dinyatakan dalam satuan panjang per gigi: inci/mata pisau atau mm/mata pisau (gigi). Dan pada mesin NC diprogram dalam satuan panjang per minit (inci/min atau mm/min) yang disebut dengan *kecepatan pemakanan* (F). Kecepatan pemakanan adalah berkenaan dengan kemampuan alat potong dalam menyayat bahan yang dihitung dalam jarak yang ditempuh alat potong ketika melakukan penyayatan bahan dalam setiap satu menit.

Dalam operasi pemfraisan, harga kecepatan pemakanan dipengaruhi oleh:

1). Bahan benda kerja,

2). Kondisi mesin, dan

3). Geometri dari mata pisau frais.

Di samping itu, suatu hal yang mendasar, yang perlu diingat dalam menetapkan harga kecepatan pemakanan adalah kedalaman pemotongan (t). Semakin besar t, maka semakin kecil harga F (pemakanan), perhatikan diagram F - t di bawah.

Pada operasi pemfraisan, kecepatan pemakanan merupakan hasil dari lebar pemakanan kali jumlah gigi (mata pisau) kali putaran per minit. Pada mesin bubut, kecepatan pemakanan adalah hasil kali antara lebar pemakanan dengan dengan putaran spindel.

Hasil dari kecepatan, lebar pemakanan (kecepatan pemakanan), dan kedalaman pemotongan yang tepat akan menentukan Volume Penyayatan Bahan (VPB), yang dinyatakan dalam satuan volume per minit. Produktivitas dari suatu mesin selama proses pemotongan adalah sepadan dengan VPB.

Kecepatan spindel adalah jumlah perputaran spindel dalam setiap satu menit. Dengan demikian satuan kecepatan spindel ini dinyatakan dalam R.P.M. (Revolution per Minute) atau P.P.M. (Putaran per Minit).

Kecepatan spindel ini dapat dihitung melalui penyederhanaan ketentuan (definisi) di atas, sebagai berikut:

$$C_s = \frac{\pi D \times S}{1000}$$

di mana: Cs = Kecepatan potong dalam m/min.

D = Diameter pisau frais dalam mm.

S = Kecepatan spindel dalam put./min.

***Catatan***: Cs alat potong Carbida adalah ± 2 s.d. 5 kali Cs alat potong HSS.

Perlu diingat bahwa kecepatan potong maksimal yang diizinkan adalah bergantung pada:

- Bahan benda kerja,
  Semakin tinggi kekuatan bahan, semakin rendah kecepatan potong.
- Bahan alat potong,
  Semakin tinggi kekuatan tarik alat potong yang digunakan, semakin rendah kecepatan potongnya, seperti: Kecepatan potong HSS lebih rendah dari kecepatan potong Carbida.
- Lebar pemakanan,
  Semakin besar lebar pemakanan, semakin rendah kecepatan potong.
- Tebal pemakanan (kedalaman pemotongan).
  Semakin besar kedalaman pemotongan, semakin rendah kecepatan potong.

Kecepatan pemakanan/penyayatan dihitung dengan:

a. Untuk mesin bubut:

$$F = f * S$$

b. Untuk mesin frais:

$$F = n * f * S$$

di mana: F = kecepatan pemakanan (mm/min)

n = jumlah gigi/mata sayat pisau frais — khusus untuk pisau frais.

f = lebar penyayatan (mm/put.)

S = kecepatan putaran spindel (putaran per min.)

**Hubungan kedalaman pemotongan, diameter pisau frais dengan kecepatan potong.**

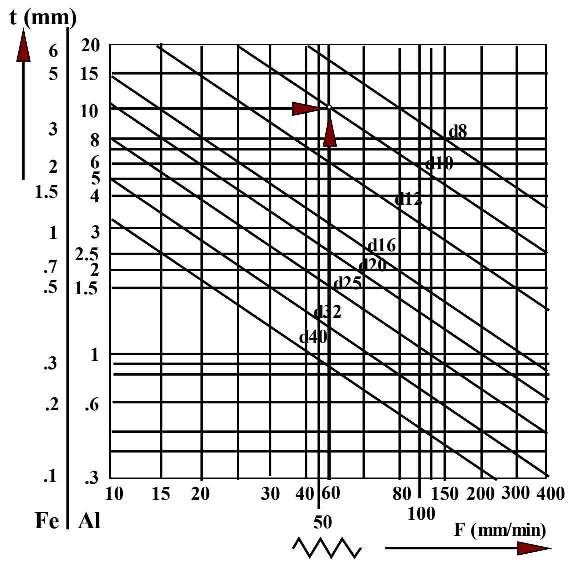



Diagram F - t

*Contoh 2.1*:

Bahan : Aluminium

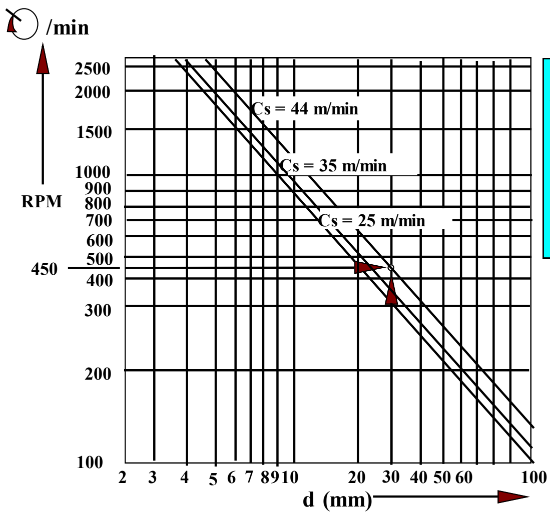
Alat potong : HSS

Diketahui :

1. Kedalaman pemotongan (t)
   t = 10 mm.
2. Diameter pisau frais (d)
   d = 10 mm.

Berdasarkan diagram di samping, kecepatan pemakanan (F) adalah 60 mm/min.

**Hubungan kecepatan putaran spindel, diameter pisau frais dengan kecepatan potong.**




**Catatan:**

1. Cs untuk baja lunak adalah 35 m/min.
2. Cs untuk baja perkakas adalah 25 m/min.
3. Cs untuk torradur B adalah 44 m/min.

Diagram S – d

***Contoh 2.2***:

Bahan : Aluminium (Torradur B), Alat potong: HSS

Diketahui:

1. Diameter pisau frais (d)

   d = 30 mm.

2. Kecepatan potong (Cs)

   Cs = 44 mm/min

   Dari diagram ***S - d*** di atas diperoleh, bahwa Kecepatan Spindel (S) adalah 450 RPM.

**Hubungan diameter bor dengan kecepatan pemakanan.**

Diagram di bawah ini khusus digunakan untuk operasi pemboran.

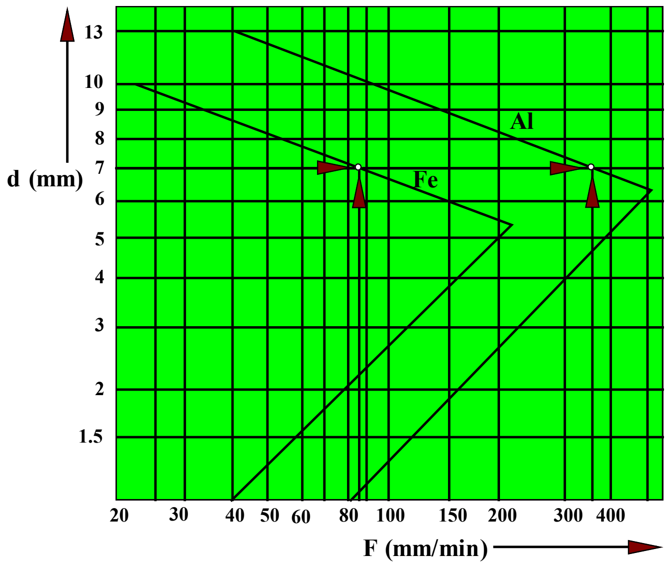



Diagram F – d

***Contoh 2.3***:

Penentuan harga F:

1. Diameter bor = 7 mm, Bahan benda kerja adalah Ferro

   Dari diagram di atas diperoleh harga F = ± 85 m/min.

2. Diameter bor = 7 mm, Bahan benda kerja adalah Aluminium

   Dari diagram di atas diperoleh harga F = ± 350 m/min.

**Simpulan**:

Semakin lunak bahan, semakin tinggi kecepatan pemakanan yang diizinkan.

***Contoh 2. 4***: Sebuah silinder berdiameter 6.1 inci akan diperkecil hingga diameter 5.9 in pada mesin bubut NC dengan lebar pemakanan 0.006 in/put. Kecepatan potong 500 ft/min. Hitunglah:

a. Kecepatan spindel terprogram
b. Kecepatan pemakanan terprogram
c. VPB.

***Penyelesaian***:

a. Bila kecepatan potong dinyatakan dalam ft/min, kecepatan spindel adalah:

$$S = 12CS/\pi D$$

di mana D adalah diameter rata-rata dalam inci, sehingga:

$$S = (12 * 500) / (3.14 * 6) = 318 \text{ rpm.}$$

b. Kecepatan pemakanan yang dihasilkan dengan lebar pemakanan dan kecepatan spindel dihitung dengan:

$$F = f * S$$

$$F = 0.006 * 318 = 1.9 \text{ in/min.}$$

c. VPB dihitung dengan:

$$VPB = 12\ Cs * f * a$$

di mana a adalah setengah dari selisih diameter, sehingga

$$VPB = 12 * 500 * 0.006 * 0.1 = 3.6 \text{ in}^3\text{/min}$$

Untuk satuan SI, kecepatan potong (Cs) yang diberikan adalah dalam m/min, lebar penyayatan (f) dalam mm/put., dan kedalaman penyayatan (t) serta diameter (D) benda kerja diberikan dalam mm. Kecepatan pemakanan (F) dalam mm/min. Harga S (kecepatan spindel) dan F (kecepatan pemakanan) selalu diterakan dalam program oleh programmer. Sementara KMB diberikan dalam $mm^3$/min, dengan rumus sebagai berikut:

$$VPB = 1000\ CS * f * D \text{ mm}^3\text{/min.}$$

***Contoh 2.5***: Pada sebuah benda kerja akan dibuat alur pada mesin frais dengan pisau frais ujung (end mill) dua heliks (dua mata sayat), dengan lebar

pemakanan (mata sayat) 0.1 mm/mata sayat. Spindel berputar pada kecepatan 1000 rpm. Berapakah kecepatan pemakanan yang akan digunakan programmer?.

***Pemecahan***: Dalam operasi mesin frais, kecepatan pemakanan dihitung dengan:

F = n * f * S

n = jumlah gigi/mata sayat pisau

Sesuai dengan data pada soal, maka kecepatan pemakanan F adalah:

F = 2 * 0.1 * 1000 = 200 mm/min

## 4.2 Pertimbangan dalam Perencanaan Mesin Perkakas NC

Alasan yang melatarbelakangi pengembangan NC adalah tuntutan akurasi yang lebih baik dalam proses pembuatan komponen-komponen rumit dan keinginan untuk meningkatkan produktivitas. Teknik kendali digital dan komputer merupakan suatu sarana yang dapat dikembangkan untuk memperoleh tujuan di atas. Perlu diperhatikan bahwa karakteristik gabungan antara kontrol dengan mesin perkakas menentukan akurasi dan produktivitas akhir dari NC atau CNC.

Istilah akurasi sering dipertukarkan secara salah dengan istilah resolusi dan pengulangan. Resolusi dari suatu sistem NC atau CNC adalah suatu ciri yang ditentukan oleh perencana unit kontrol dan secara utama bergantung pada posisi sensor umpan-balik. Perencana harus membedakan antara resolusi pemprograman dengan resolusi kontrol. Resolusi pemprograman adalah posisi inkremental terkecil yang diijinkan di dalam program bagian dan disebut sebagai BLU yang pada beberapa sistem mesin perkakas 0.01 mm. Resolusi kontrol adalah perubahan terkecil dalam posisi yang dapat dikenal alat umpan-balik. Misalnya, andaikan bahwa suatu encoder optik memancarkan pulsa 1000 voltase per putaran dari poros yang secara lansung dipasangkan pada transportir (tusuk 10 mm) meja mesin perkakas. Encoder ini akan meman-carkan satu pulsa untuk setiap 0.01 mm (10/1000) pada langkah linier

meja. Jadi, satuan 0.01 mm adalah resolusi kontrol dari sistem ini. Langkah yang lebih kecil dari 0.01 mm tidak dapat lagi dideteksi alat ini. Untuk mendapatkan efisiensi sistem yang paling baik, resolusi pemprograman harus sama dengan resolusi kontrol dan disebut dengan resolusi sistem, atau BLU.

Akurasi akhir dari sistem CNC bergantung pada kemampuan hitung kontrol komputer, resolusi sistem, dan ketidaktelitian mesin. Kemampuan hitung kontrol dapat menyebabkan kesalahan posisi diakibatkan pembulatan pecahan yang dilakukan oleh komputer. Kondisi ini bisa terjadi pada mesin perkakas, misalnya, ketika interpolasi gerakan radius. Meskipun demikian, jenis kesalahan ini memang hanya mempangaruhi akurasi kontur dan tidak mengakibatkan kesalahan posisi pada akhir segmen benda kerja.

Ketidak akurasian sistem yang diakibatkan resolusi biasanya adalah ½ BLU. Alasannya ialah bahwa langkah yang lebih kecil dari 1 BLU tidak dapat diprogram maupun diukur, dan akan mengambil harga rata-rata, yakni ½ BLU itu. Apabila ketidaktelitian tersebut digabungkan dengan ketidaktelitian mesin itu sendiri, maka akan dihasilkan ketelitian yang jelek. Oleh karena itu, hubungan berikut ini dapat digunakan untuk menentukan akurasi sistem yang realistis:

Akurasi sistem = ½ BLU + ketelitian mesin.

Perencana mesin mencoba untuk menjamin bahwa akumulasi pengaruh dari semua ketidakakuratan digabungkan dengan ketelitian mesin perkakas akan berada di bawah ½ BLU, sehingga akurasi sistem menjadi sama dengan resolusi sistem.

Repeatabilitas (berulang) adalah suatu istilah statistik yang berhubungan dengan akurasi. Apabila sebuah eretan mesin diinstruksikan untuk bergerak dari suatu titik tertentu dengan jarak yang sama beberapa kali, semua dengan kondisi yang sama, akan ditemukan bahwa pada gerak resultante terjadi ketidaksamaan. Repeatabilitas sistem adalah penyimpangan posisional dari rata-rata selisih langkah tersebut.

Akurasi dan produktivitas tinggi bisa menjadi sifat yang saling bertentangan. Produktivitas tinggi memerlukan kecepatan spindel, kecepatan pemakanan,

dan kedalaman pemotongan yang lebih tinggi, yang akan meninggkatkan suhu (panas) dan gaya potong pada sistem. Hal ini jelas dapat mengakibatkan deformasi panas, defleksi, dan getaran mesin yang pada akhirnya akan memperburuk akurasi. Oleh karena itu, struktur dari mesin perkakas NC harus lebih kaku (rigit) dari pada mesin konvensional.

Salah satu sifat perencanaan yang umum untuk semua mesin perkakas adalah pemilihan materialnya. Dulu, mesin perkakas konvensional dibuat dari besi tuang, dan mesin yang lebih baik mempunyai eretan yang permukaannya dikeraskan. Mesin NC biasanya dibuat dari baja konstruksi las, baik mesin ringan maupun mesin berat. Keuntungan struktur baja las atas besi tuang adalah rigiditas dan kekuatan yang lebih besar.

Di samping untuk meningkatkan struktur, akurasi untuk mesin perkakas NC yang lebih baik diperoleh dengan menggunakan komponen bergerak dengan friksi rendah, menghindari gerakan yang longgar dan mengisolasi sumber panas. Pada eretan-eretan umum, gesekan statis umumnya lebih tinggi dari gesekan luncur. Oleh karena itu, gaya yang diterapkan untuk mengatasi gesekan statis akan menjadi besar ketika eretan mulai bergerak. Karena eretan mempunyai inersia yang berkerja pada posisi terkontrol, pada waktu berhenti, dan pada waktu siklus berulang. Kondisi ini akan mempengaruhi akurasi dan kualitas penyelesaian permukaan komponen. Untuk menghindari penomena ini, gesekan statis pada eretan dan transportir yang digunakan harus lebih rendah dari gesekan luncur.

Gerakan yang longgar maksudnya adalah gerakan yang tidak terkendali yang dapat mengakibatkan kesalahan dimensional pada komponen, yang tidak dapat diperbaiki melalui sistem kontrol loop-tertutup. Yang termasuk dalam gerakan-gerakan ini antara lain adalah defleksi alat-potong sehubungan dengan gaya potong, dan *backlash*, atau kelonggaran pada mekanik penggerak sumbu. Pada umumnya sistem NC dilengkapi dengan peralatan umpan-balik yang dipasang pada transportir. Dalam hal ini, setiap *backlash* antara transportir dan meja atau pemegang alat-potong akan mengakibatkan kesalahan yang sama pada komponen/benda kerja. Pada sistem PTP, masalah ini dapat dihindarkan dengan bantuan sirkit digital. Karena tujuannya hanya penempatan statis, maka perencana dapat menggunakan “sirkit

penutup backlash”, yang akan menjamin bahwa pendekatan akhir ke titik yang dikehendaki selalu dari arah yang sama. Dalam sistem kontur, di mana lintasan pemesinan juga meliputi titik-titik pembalikan gerak sumbu, sehingga kesalahan *backlash* dapat dieliminasi.

Contoh 2. 6: Tusuk ulir transportir sebuah penggerak NC adalah 10 mm, dengan sebuah encoder 1000 pulsa per putaran yang dipasang pada ujung transportir tersebut. Backlash antara tarnsportir dengan mur adalah 3.6°. Tentukanlah backlash pada gerak luncur linier dan BLU.

**Penyelesaian**: Backlash linier adalah 10 * (3.6/360) = 0.1 mm. Sistem BLU adalah 10/1000 = 0.01 mm; Jadi, dalam hal ini, backlash adalah setara dengan 10 BLU gerak linier.

Pada NC, produktivitas tinggi dicapai dengan meningkatkan efisiensi mesin: menggunakan *machining centre* dan *turning centre* akan lebih baik daripada menggunakan mesin bubut dan mesin frais. Mesin-mesin center ini memperbolehkan penggunaan kedalaman pemakanan dan kecepatan pemakanan yang tinggi untuk meningkatkan VPB. Demikian juga halnya dengan penggunaan kecepatan pemakanan idel yang lebih cepat dan pengganti alat-potong otomatis untuk mempersingkat waktu non-pemesinan.

Meskipun produktivitas tinggi dan akurasi dapat dicapai dengan mesin perkakas NC, namun NC itu sendiri tidak selalu merupakan pemecahan biaya efektif dalam pempabrikan komponen. Jika produksi massa dari suatu komponen diperlukan (misalnya lebih dari 100.000 komponen setiap tahun), satu set mesin untuk tujuan khusus dapat ditata pada suatu jalur transfer merupakan jawaban yang lebih ekonomis dibandingkan dengan penggunaan mesin NC. Situasi ini sering ditemukan dalam industri otomotif. Jika hanya beberapa (misalnya lebih kecil dari 20) komponen sederhana diperlukan (akan dibuat), produksi dengan mesin perkakas konvensional akan lebih menguntungkan dibandingkan dengan mesin NC. Produksi dengan mesin-mesin perkakas NC dan CNC akan ekonomis untuk pengerjaan komponen yang relatif rumit dengan jumlah cukup banyak (20 s.d. 10.000 komponen

setiap tahunnya). Situasi ini sering ditemukan pada industri pesawat udara atau pesawat angkasa luar, di mana ada suatu variasi jumlah yang besar pada komponen-komponen yang diperlukan dengan jumlah per jenis tidak sebesar komponen yang diproduksi industri otomotif. Meskipun demikian, memproduksi komponen tunggal pada mesin NC dapat menjadi ekonomis jika komponen yang akandiproduksi tersebut memiliki permukaan atau bentuk yang sangat rumit, yang betul-betul sulit dan bahkan hampir tidak mungkin dikerjakan pada mesin perkakas konvensional.

## c. Tugas dan Tes Formatif

1. Jelaskan bagaimana anda dapat menentukan RPM, apabila kecepatan potong dan diameter pisau frais diketahui!
2. Sebutkan faktor-faktor yang mempengaruhi kecepatan potong dalam operasi pemfraisan!
3. Sebutkan pula kriteria yang mempengaruhi kecepatan pemakanan!
4. Bagaimanakah hubungan kekuatan tarik bahan dengan kecepatan potong?
5. Apa yang akan terjadi jika kecepatan potong yang dipilih jauh lebih besar dari kecepatan potong yang diperbolehkan, jelaskan!
6. Sebuah benda kerja berbentuk silindris dengan diameter 80 mm dan panjang 250 mm akan dibubut pada kecepatan potong 200 m/min. Ada dua jenis operasi pembubutan yang diperlukan, yaitu pembubutan kasar pada 0.5 mm/put, dengan kedalaman pemotongan 4 mm dan pembubutan halus (penyelesaian) pada 0.0 mm/put. Tentukanlah kecepatan spindel, kecepatan pemakanan (mm/min), dan waktu pemesinan aktual.
7. Suatu pemotongan langsung pada mesin frais dengan menggunakan pisau ujung yang mempunyai empat mata sayat (gigi) pada kecepatan 0.075 mm per gigi. Jika spindel berputar pada kecepatan 1000 ppm, berapakan kecepatan pemakanan aksial dalam mm/min?

## 5. Kegiatan Belajar 5

# LANDASAN PEMPROGRAMAN

## e. Tujuan Pembelajaran:

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 5 ini, siswa dapat, antara lain;

1). Menjelaskan Pengertian Program CNC,
2). Mengidentifikasi metoda pemprograman,
3). Menjelaskan sistem koordinat CNC, dan
4). Memahami proses kerja CNC
5). Mengidentifikasi blok Format Program Bubut CNC Unit Didaktik,
6). Mengidentifikasi dan menjelaskan fungsi kerja G,
7). Mengidentifikasi dan menjelaskan fungsi bantu M, dan
8). Memahami konsep pemprograman CNC

## Materi

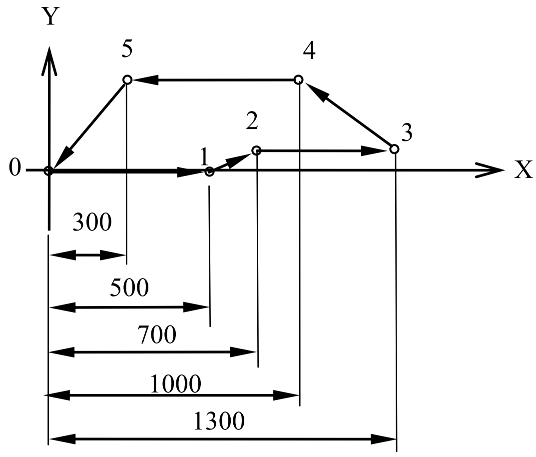
### 5.1 Sistem Koordinat Mesin Bubut CNC

Pada mesin bubut CNC ada dua gerakan yakni gerakan melintang, gerakan memanjang eretan. Informasi gerakan eretan mesin arah melintang dan arah me-manjang tersebut adalah bertitik tolak dari sistem koordinat, seperti yang telah kita kenal sehari-hari melalui ilmu trigonometri. Gerakan eretan arah melintang mesin disebut dengan sumbu **X**, dan gerakan memanjang disebut dengan sumbu **Z.**

## 5.2 Dasar-Dasar Pemprograman

Untuk sistem CNC dapat dibagi ke dalam dua macam pemprograman, yakni inkremental dan absolut. Dalam penerapannya, kedua sistem ini dapat dikombinasikan, satu dengan lainnya. Sistem inkremental adalah sistem di mana titik referensi terhadap instruksi berikutnya adalah dari titik akhir operasi terdahulu. Setiap bagian data dimensional diaplikasikan terhadap sistem sebagai jarak inkremen, diukur dari titik terdahulu pada sumbu gerak yang aktif. Sebagai suatu contoh, perhatikan Gambar 5.1 di bawah, di mana sebanyak lima buah lubang akan digurdi/dibor. Jarak dari titik nol ke masing masing lubang ditunjukkan pada gambar. Jarak antara titik-titik tersebut dihitung, dan perintah posisi sumbu X diberikan sebagai berikut:

0 ⇒ 1: X +500
1 ⇒ 2: X +200
2 ⇒ 3: X +600
3 ⇒ 4: X -300
5 ⇒ 6: X -700
6 ⇒ 0: X -300



Gambar 5.1 Komponen untuk digurdi/bor

Apabila program dalam inkremental, maka metoda pemprograman dan peralatan umpan balik adalah dalam bentuk inkremental. Jenis peralatan

umpan balik adalah berupa rotary encoder yang menyediakan suatu rangkaian pulsa, di mana setiap pulsa menunjukkan 1 BLU.

Jadi dapat disimpulkan bahwa titik awal pada sistem inkremental selalu berpindah dengan berpedoman kepada “titik akhir lintasan akan menjadi titik awal lintasan berikutnya”.

Sistem CNC absolut adalah sistem di mana semua perintah gerakan di dasarkan pada satu titik referensi, di mana titik awalnya disebut dengan titik nol (*datum point*). Perintah posisi diberikan sebagai jarak absolut dari titik nol tersebut. Titik nol dapat ditetapkan sebagai suatu titik di luar benda kerja atau pada sudut benda kerja. Apabila sebuah alat bantu pemasangan digunakan, maka akan lebih tepat untuk menetapkan suatu titik pada alat bantu tersebut sebagai titik nol. Dalam contoh dari Gambar 5.1 di atas, dimensi X dalam program bagian ditulis sebagai:

0 ⇒ 1: X +500

1 ⇒ 2: X +700

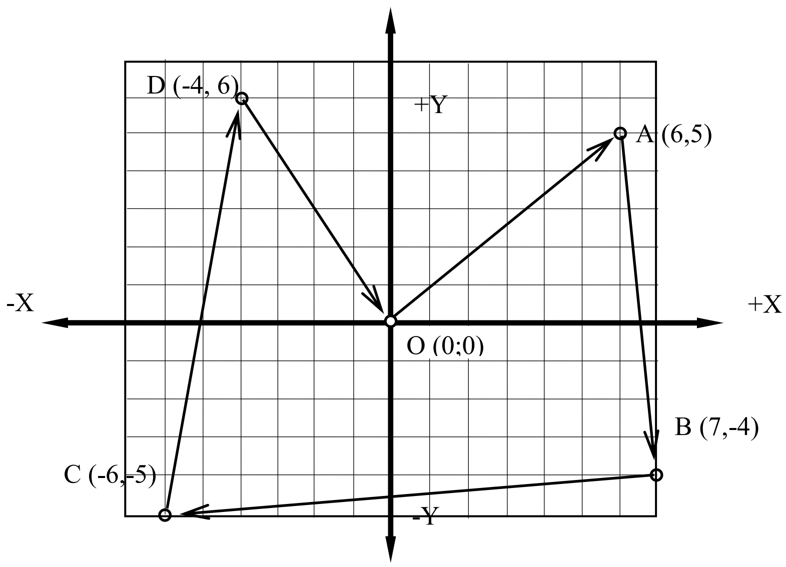
2 ⇒ 3: X +1300

3 ⇒ 4: X +1000

5 ⇒ 6: X +300

6 ⇒ 0: X 0

Untuk lebih memperjelas perbedaan antara sistem inkremental dengan sistem absolut, perhatikan juga Gambar 5.2 di bawah:




Gambar 5.2 Koordinat lintasan alat potong

Inkremental:

| Lintasan | X | Y |
|---|---|---|
| 0 → A | 600 | 500 |
| A → B | 100 | -900 |
| B → C | -1300 | -100 |
| C → D | 200 | 1100 |
| D → 0 | 400 | -600 |

Absolut:

| Lintasan | X | Y |
|---|---|---|
| 0 → A | 600 | 500 |
| A → B | 700 | -400 |
| B → C | -600 | -500 |
| C → D | -400 | 600 |
| D → 0 | 0 | 0 |

Titik nol bisa ditempatkan mengambang atau tetap. Titik nol mengambang akan memberikan kesempatan kepada operator, melalui penekanan tombol, memilih dengan bebas sembarang titik di dalam batas meja mesin perkakas sebagai titik referensi nol. Unit kontrol tidak akan menyimpan informasi lainnya pada lokasi selain titik nol terdahulu. Titik nol mengambang mengizinkan operator untuk menempatkan dengan cepat alat bantu di mana saja pada meja mesin CNC.

Suatu fakta menunjukkan bahwa sistem absolut dapat dibagi ke dalam sistem absolut murni dan pemprograman absolut. Absolut murni adalah suatu sistem di mana dimensi terprogram dan sinyal umpan-balik menunjuk pada satu titik tunggal. Itu sebabnya diperlukan peralatan umpan-balik yang akan menghasilkan informasi posisi dalam bentuk absolut, misalnya, *multichannel digital encoder*. Karena alat ini mahal, maka sistem absolut murni hanya digunakan secara utama untuk meja putar yang membutuhkan kontrol posisi presisi. Kebanyakan sistem absolut tidak dilengkapi dengan alat umpan-balik absolut tetapi dengan suatu alat ukur inkremental, seperti suatu encoder inkremental, yang diinterfiskan dengan suatu counter pulsa yang menye-diakan posisi absolut dalam BLU yang menunjukkan sistem pemprograman absolut NC, di mana semua dimensi terprogram menunjuk pada suatu titik awal tunggal.

Keuntungan yang paling signifikan dari sistem absolut terhadap sistem inkremental adalah dalam hal terjadinya gangguan yang memaksa operator untuk menghentikan mesin, misalnya gangguan karena alat potong patah. Dalam hal terjadi gangguan, meja mesin harus digerakkan secara manual,

lalu mengganti alat-potong, kemudian menyetel alat-potong, mengembalikan nomor blok program aktif ke blok terjadinya gangguan, mengembalikan alat-potong ke posisi terjadinya gangguan, baru mengaktifkan mesin. Dengan sistem absolut, alat potong akan kembali secara otomatis ke posisi terjadinya gangguan, karena alat-potong akan bergerak sesuai dengan koordinat absolut yang diaktifkan, dan melanjutkan proses pemesinan mulai dari titik yang diinginkan. Sementara dengan sistem inkremental, sulit menempatkannya kembali secara presisi ke tempat terjadinya gangguan. Oleh karena itu, dengan sistem inkremental, setiap kali operasi pemesinan terganggu, operator harus selalu memulainya dari awal sekali.

Keuntungan lainnya dari sistem absolut adalah kemungkinan penggantian data terprogram dengan mudah, kapan saja dikehendaki. Karena jarak berpedoman pada suatu titik referensi, maka modifikasi atau penambahan instruksi posisi tidak akan mempengaruhi program komponen lainnya. Sementara dengan sistem inkremental, komponen harus diprogram kembali mulai dari program yang dimodipikasi atau yang ditambahkan.

Namun demikian, sistem inkrementalpun mempunyai keuntungan dibandingkan dengan sistem absolut, yakni:

1). Jika pemprograman manual digunakan, dengan sistem inkremental, pemeriksaan program sebelum diketikkan ke pita berlubang lebih mudah. Oleh karena titik akhir, ketika pemesinan komponen, sama dengan titik awal, jumlah semua perintah posisi (terpisah untuk setiap sumbu) harus sama dengan nol. Misalnya, jumlah inkremen posisi yang diberikan pada Gambar 5.3 adalah nol. Jumlah yang tidak nol menunjukkan adanya kesalahan. Pemeriksaan seperti itu tidak mungkin dapat dilakukan pada sistem absolut.

2). Performan sistem inkremental dapat diperiksa dengan pita loop-tertutup. Ini merupakan diagnosa pita berlubang yang menguji beberapa operasi dan performan mesin. Perintah posisi terakhir pada pita akan meng-akibatkan meja kembali ke posisi awal. Kembalinya meja ke posisi awalnya merupakan pengujian yang cukup untuk operasi perlengkapan

yang normal. Pengujian ini diadakan paling tidak sekali sehari. Pengujian yang sama tidak dapat dilakukan untuk sistem pemprograman absolut.

3). Pemprograman mirror-image akan lebih mudah dengan sistem inkremental. Dalam pempabrikan, mirror-image berkaitan dengan geometri simetris bahan pada satu atau dua sumbu. Dalam hal ini, dengan pemprograman inkremental, sinyal yang berkaitan dengan perintah posisi cukup diganti dari tanda + menjadi tanda -. Tidak ada perhitungan baru yang diperlukan untuk posisi tersebut. Prosedur demikian di dalam sistem absolut memerlukan suatu pilihan variabel dari titik nol yang kurang praktis, dan oleh karena itu pemprograman penuh dari komponen diperlukan.

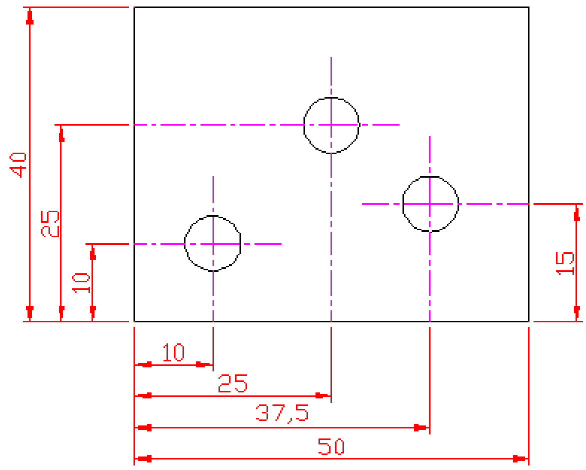
Pada umumnya sistem CNC modern mengizinkan penerapan metoda pemprograman inkremental dan absolut. Meskipun di dalam suatu program komponen khusus, metoda tersebut dapat diganti, Instruksi terakhir selalu diprogram dalam metoda absolut untuk memastikan pengembalian posisi alat potong ke titik awal.

## 5.3 Informasi Geometris

Informasi geometris dapat ditemukan dalam gambar teknik. Informasi tersebutlah yang menjembatani buah pemikiran perencana dengan pembaca gambar. Oleh karena itu, dalam pencantuman ukuran gambar harus diadakan berdasarkan suatu sestem yang disepakati bersama antara perangcang dan pengguna..

Metoda pengukuran dalam gambar teknik ada tiga macam, yakni:

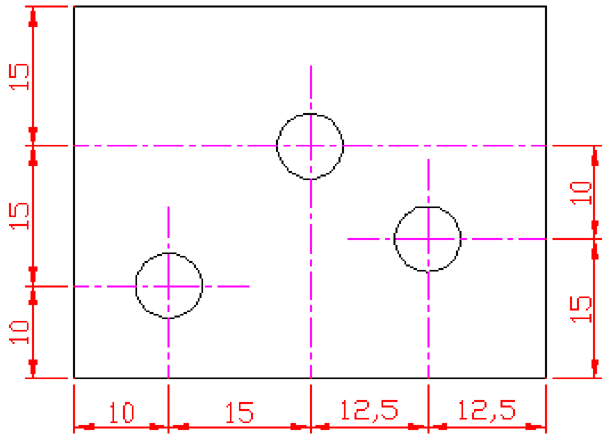
- Pengukuran absolut atau pengukuran referensi, adalah pengukuran di mana ukuran ditarik dengan berpedoman pada satu titik, Gambar 5.3.
- Pengukuran inkremental atau juga disebut pengukuran berantai, adalah pengukuran yang didasarkan pada ukuran sebelumnya. Gambar 5.4.
- Pengukuran gabungan antara absolut dengan inkremental, Gambar 5.5.



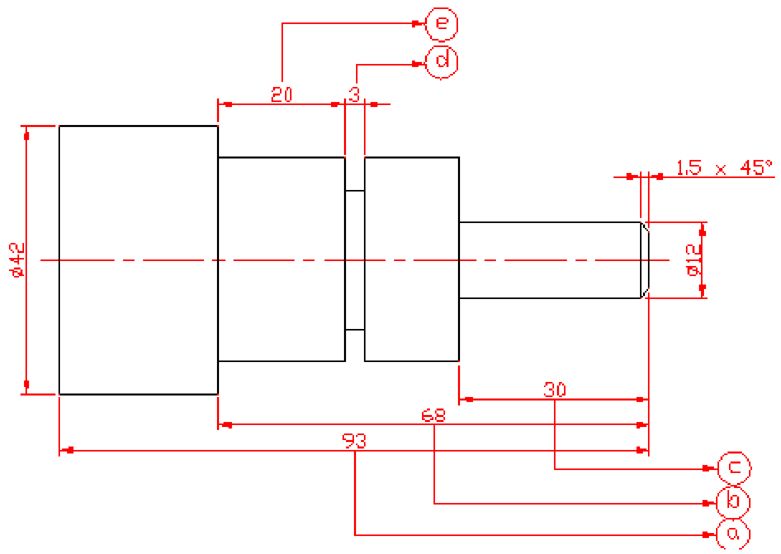

Gambar 5.3 Pengukuran Absolut

Dalam banyak hal, jenis pengukuran yang sering dijumpai adalah pengukuran campuran antara absolut dengan inkremental (relatif).

Pengukuran absolut juga disebut pengukuran referensi, dimana gambar diukur dari satu titik/bidang untuk arah yang sama, sementara pengukuran inkremental juga disebut pengukuran berantai atau pengukuran kontiniu, di mana setiap ukuran didasarkan pada akhir ukuran sebelumnya.




Gambar 5.4 engukuran Inkremental / Berantai




Gambar 5.5 Pengukuran Camp[uran Absolut dengan Inkremental(relatif)

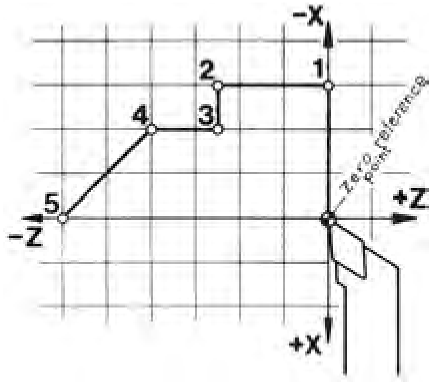
Pencantuman ukuran pada Gambar 5.5 merupakan pengukuran campuran, di mana tipe pengukuran a, b, dan c adalah absolut, sementara tipe pengukuran d dan e adalah inkremental

Oleh karena itu, berilah ukuran-ukuran bantu ke dalam gambar teknik, untuk menghindari pekerjaan perhitungan selama penyusunan program CNC dari suatu komponen yang akan dikerjakan di mesin CNC.

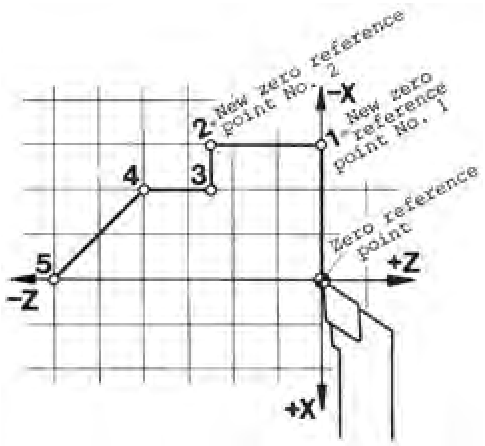
## 5.4 Metoda Pemprograman

Dalam program, jalannya alat potong (pahat) harus dinyatakan dalam setiap blok program, yang dinyatakan dalam dua metode gerakan, seperi disebut di atas.

| | |
|---|---|
| Pemprograman Nilai Absolut | Pemprograman nilai inkremental |
| Titik-titik yang harus dicapai | Dasar pengukuran gerak pahat |
| Oleh pahat di dasarkan dari | adalah posisi aktual puncak mata |
| Titik 0 (zero reference point) | pahat (alat potong). |




Gambar 5.6 Lintasan Absolut




Gambar 5.7 Lintasan Inkremental

| | X | Z |
|---|---|---|
| | – 3 | 0 |
| | – 3 | – 2.5 |
| | – 2 | – 2.5 |
| | – 2 | – 4 |
| | 0 | – 6 |

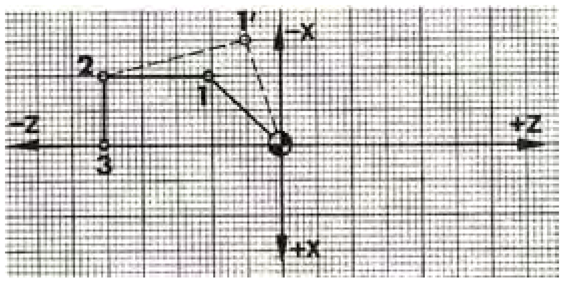
| | X | Z |
|---|---|---|
| | – 3 | 0 |
| | 0 | – 2.5 |
| | 1 | 0 |
| | 0 | – 1.5 |
| | 2 | – 2 |

Keuntungan pemprograman nilai Absolut:

Pada pemograman nilai absolut, Jika seandainya titik 1 diubah, li-Gambar 5.8, letak titik-titik yang lain tidak akan terpengaruh.

Keuntungan pemprograman nilai kremental:

Metoda pemrograman ini dalam banyak hal lebih mudah.




Gambar 5.8 Perubahan titik pada lintasan

Kelemahan pemprograman nilai Absolut:
Kadang-kadang lebih sulit dalam penyusunan program CNC.

Kelemahan pemprograman nilai kremental:
Jika seandainya titik 1 diubah, Gambar 5.8, semua titik-titik yang berikutnya ikut berubah.

Perhatikan perbedaan nilai lintasan padan  data dalam tebel berikut, apa bila ada perubahan titik lintasan, seperti terlihat pada Gambar 5.8 di atas.

Data lintasan Absolut:

| Titik 1 tetap | | Titik 1 menjadi titik 1’ | |
|---|---|---|---|
| **X** | **Z** | **X** | **Z** |
| **– 1** | **– 1** | **– 1.5** | **– 0.5** |
| **– 1** | **– 2.5** | **– 1** | **– 2.5** |
| **0** | **– 2.5** | **0** | **– 2.5** |

Data lintasan Inkremental:

| Titik 1 tetap | | Titik 1 menjadi titik 1’ | |
|---|---|---|---|
| **X** | **Z** | **X** | **Z** |
| **– 1** | **– 1** | **– 1.5** | **– 0.5** |
| **0** | **– 1.5** | **– 0.5** | **– 2** |
| **1** | **0** | **1** | **0** |

## 5.5 Blok Format Pemprograman, Fungsi Kerja (G), dan Fungsi Miscellaneous (M).

Mesin bubut CNC yang akan dibahas dalam buku teks  bahan ajar ini unit didaktik, karena memang kontrol dan mesinnya dirancang dengan bentuk sederhana, kecil dan pemprogramannyapun dapat disajikan secara sederhana tetapi bertruktur  terstruk-tur. Karena bentuk fisik mesin CNC ini cukup kecil, maka harganyapun cukup terjangkau, sehingga mesin jenis ini dapat disediakan di sekolah dengan jumlah yang lebih banyak, sehingga jumlah siswa yang dapat belajar di mesin CNC pun menjadi lebih banyak. Dengan demikian, efektifitas kegiatan belajar siswa pun menjadi lebih tinggi (berdaya guna).

Bentuk format pemprograman dibuat sistematis, sehingga mudah dikuasai, dikontrol, dan diedit program CNC, seperti disajikan  dalam format berikut ini:

Format lembar pemprograman mesin Bubut CNC unit Didaktik

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Format lembar pemprograman mesin Frais CNC Unit Didaktik

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Y<br>(J) | Z<br>(K) | F(L)(T)<br>(H) |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | |

Ke dalam lembar pemprograman inilah di masukkan / dituliskan semua data untuk pengerjaan benda kerja..

Masing-masing, N, G, M, X Y, Z, I, J, K, F, K, L, T, dan H merupakan alamat data program.

a). Alamat N (*N Address*)

Alamat N adalah pengalamatan nomor blok yang di mulai dari 00 sampai dengan 221, jadi ada 222 blok program CNC yang dapat dimuat dalam kontrol mesin, penulisannya N00, N01, N02, ..., N221

Kombinasi alamat dengan huruf , misalnya N15 disebut dengan kata (*Word*). Jadi kata adalah gabungan antara huruf dan kombinasi angka.

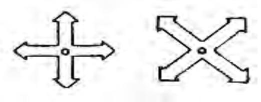
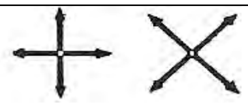
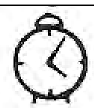
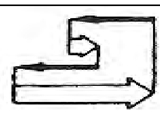
| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

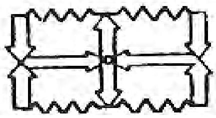
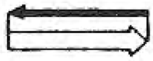
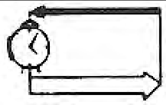
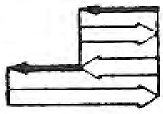
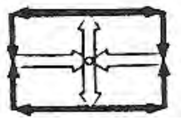
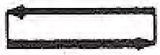
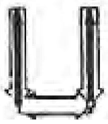
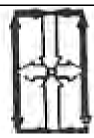
b). Alamat G (*G Address*)

Alamat G berfungsi sebagai bahasa perintah ke pada mesin CNC untuk melakukan suatu gerakan yang dikehendaki oleh programer. Fungsi kerja

ini ditetapkan berdasarkan DIN 66025 dan ISO Alamat G ini boleh diisi dengan angka mulai dari 00 s.d. 95, lihat tabel berikut.

**Tabel 5.1 Fungsi Kerja G (*Preparatory Function*)**

| Kode G | Keterangan Fungsi | Simbol Lintasan |
|---|---|---|
| **00** | Pelintas eretan dengan cepat 700 mm/min. (*Rapid Traverse*) diguna-kan untuk melintaskan alat potong di luar benda kerja atau tanpa be-ban, atau untuk penempatan puncak mata alat potong ke bidang penarikan |  |
| **01** | Pelintas eretan dengan kecepatan terprogram 2 s.d. 499 mm/min |  |
| **02** | Interpolasi Radius arah ke kanan |  |
| **03** | Interpolasi Radius arah ke kiri |  |
| **04** | Waktu tinggal diam |  |
| **21** | Blok sisipan | |
| **24** | Pencatat penetapan berdasarkan nilai radius – program Absolut | |
| **25** | Pemanggil sub-program | |
| **27** | Perintah lompatan blok | |
| **33** | Pemotongan ulir selintasan |  |
| **64** | Pemutus arus listrik ke motor step | |
| **65** | Pelayanan Kaset / disket | |
| **66** | Pelayanan RS – 232 | |
| **73** | Siklus pemboran dengan pemutusan tatal |  |

| | | |
|---|---|---|
| **78** | Siklus penguliran |  |
| **81** | Siklus pemboran |  |
| **82** | Siklus pemnoran dengan tinggal diam |  |
| **83** | Siklus pemboran dengan penarikan |  |
| **84** | Siklus bubut memanjang |  |
| **85** | Siklus perimeran (peluas lubang) |  |
| **86** | Siklus pengaluran |  |
| **88** | Siklus bubut melintang |  |
| **89** | Siklus perimeran dengan waktu tinggal diam |  |
| **90** | Pemprograman dengan metoda Absolut | |
| **91** | Pemprograman dengan metoda Inkremental | |
| **92** | Pencatat nilai penetapan berdasarkan titik nol benda kerja (W) | |
| **94** | Penetapan nilai kecepatan pemakanan F (mm/min) | |
| **95** | Penetapan nilai lebar penyayatan f (mm/put) | |

**Tabel 5.2 Fungsi Bantu M (*Miscelaneous Function*)**

| Kode M | Fungsi |
|---|---|
| **00** | Berhenti terprogram. (Pemesinan berhenti pada blok M00) |
| **03** | Pemutaran spindel utama searah jarum jam |
| **04** | Pemutaran spindel utama berlawanan arah dengan putaran jarum jam (tidak terdapat pada mesin CNC unit didaktik) |
| **05** | Spindel utama tidak berputar (berhenti) |
| **06** | Pengalamatan kompensasi panjang dan diameter alat potong |
| **08** | Titik tolak pengatur, X62 PIN 15 tinggi |
| **09** | Titik tolak pengatur, X62 PIN 15 rendah |
| **17** | Penutup program sub-rutin, perintah kembali ke program utama |
| **22** | Titik tolak pengatur, X62 PIN 18 tinggi |
| **23** | Titik tolak pengatur, X62 PIN 18 rendah |
| **26** | Titik tolak pengatur, X62 PIN 18 tinggi. Pada blok M26 ada nilai pada alamat H, di mana pulsa diberikan lewat X62 PIN 20 dengan nilai terprogram 0 s.d. 999. Fungsi bantu ini terutama digunakan kaitannya dengan FMS – Flexible Manufacturing System |
| **30** | Penutup Program. Dengan M30 ini, program otomatis kembali naik ke Blok N00 dan semua parameter aktif di normalkan.. |
| **98** | Penetapan kompensasi kelonggaran.<br>Setiap kali eretan kembali, ada harga kelonggaran balik yang dapat diukur dengan dial indikator, yang dapat dimasukkan dalam program. Dengan demikian, kelonggaran dapat di kompensasi |
| **99** | Parameter Radius. Fungsi ini digunakan ketika radius yang akan dibuat kurang dari 1 kuadran atau lebih kecil dari 90°. |

Setiap kali eretan kembali, ada harga kelonggaran balik yang dapat diukur dengan dial indikator, yang dapat dimasukkan dalam program. Dengan demikian, kelonggaran dapat di kompensasi, dengan blok format:

N ..... M98 X ... Z ....

Masukan:

| | Metrik |
|---|---|
| Jenjang | 0 – 100 |
| Ukuran | 1/100 mm |

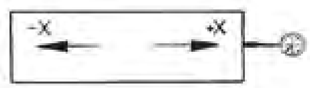
Nilai masukan tidak perlu diberi tanda negatif ( – )

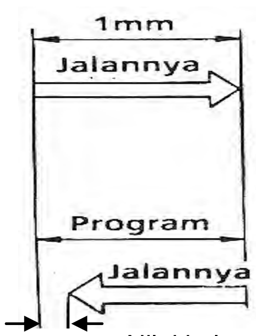
Respon mesin pada kelonggaran program.

- Nilai kompensasi kelonggaran otomatis harus dimasukkan lewat program CNC
- Setelah proses kompensasi, ketika pelayanan dialihkan dari moda CNC ke moda Manual, fungsi nilai kompensasi tetap aktif.

Oleh karena itu, nilai kompensasi hanya dapat dibatalkan dengan:

- Mematikan mesin
- Memprogram: N ... M98 X0 Z0




Nilai kelonggaran balik, dalam X.

Untuk mendapatkan data kelonggaran, Anda harus melakukan pengukuran de-ngan menggunakan dial indikator, dan dengan prosedur sebagai berikut:

a. Pasang dial indikator sedemikian, sehingga puncak perabanya menyen-tuh sisi eretan.

   N 00 G01 X100 Z0 F50

   N01 M00

   Atur penunjuk jarum dial indikator ke angka 0.

b. Gerakkan eretan 1 mm

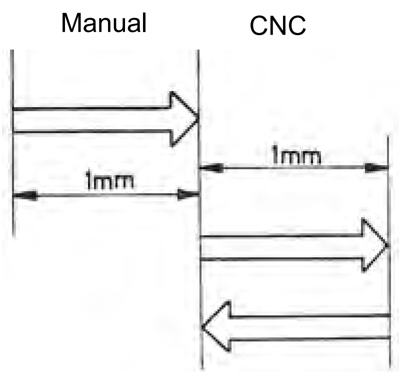
   N02 G01 X100 Z0 F50

Gerakkan balik eretan 1 mm.

N03 G01 X-100 Z0 F50

N04 M30

Selanjutnya, bacalah nilai pengukur-an indikator, dan ulangi prosedur ini untuk mendapatkan harga kelong-garan balik X dan Z.




Kontrol:

Nilai ukuran kompensasi misalnya 0.03 mm.

Program CNC:

N000 G98 X3

N001 G01 X100 Z0 F50

N002 M00

Set dial indicator ke 0

N003 G01 X100 Z0 F50

N004 G01 X-100 Z0 F50

N005 M30

Jika pada control, kelonggaran balik belum hilang sama sekali, maka harga X dapat diperbesar atau diperkecil menjadi 0.01 mm, dan ulangi prosedur di atas.

Contoh satu pemprograman:

Kelonggaran balik X = 0.03 mm

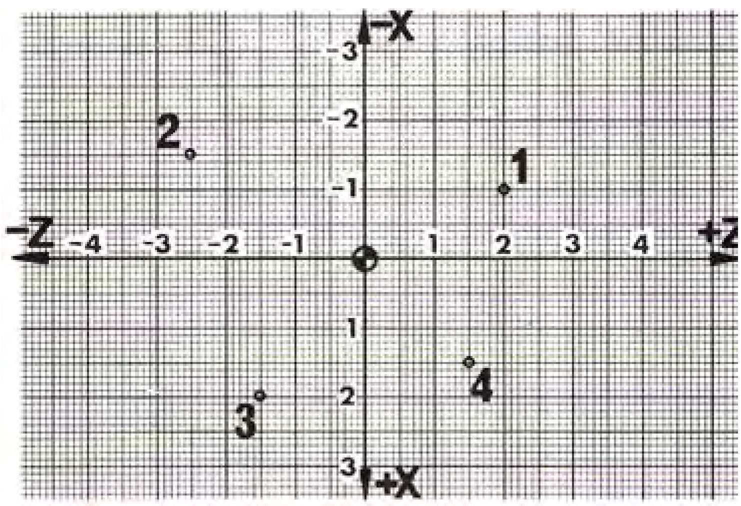
Kelonggaran balik Z = 0.04 mm

Program:

N ... M98 X3 Z4

### c. Tugas dan Tes Formatif

1. Dengan sistem koordinat, jelaskan arah pergerakan eretan arah:
   a. - X,
   b. + X,
   c. - Y,
   d. + Y,
   e. - Z,
   f. + Z.
   masing-masing pada mesin frais tegak dan mesin frais datar.
2. Jelaskan yang dimaksud dengan sistem pemprograman absolut!
3. Jelaskan yang dimaksud dengan sistem pemprograman inkremental!
4. Sebutkan keunggulan masin-masing sistem pemprograman satu sama lainnya!
5. Isikanlah ke dalam suatu tabel ukuran-ukuran atau jarak lintasan 1, 2, 3, dan 4 dalam program nilai Absolut, lihat Gambar di bawah:




6. Apakah yang dimaksud dengan G00, dan bilakah digunakan?
7. Bilakah digunakan G01!
8. Apakah perbedaan G02 dengan G03?
9. Dapatkah G00 digunakan untuk penyayatan?
10. Apa yang dimaksud dengan M00?
11. Bilakah dita menggunakan M17.

12. Apakah fungsi dari M30?
13. Apakah yang dimaksud dengan Alamat dan kata, jelasakan dengan contoh?
14. Apakah yang dimaksud dengan G64?
15. Bila kelonggaran balik x = 0.02, dan Z = 0.3, jelaskan cara mengatasinya!

## 6. Kegiatan Belajar 6

# FUNGSI KERJA G DALAM PROGRAM CNC

### f. Tujuan Pembelajaran:

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 6 ini, siswa dapat, antara lain;

1). Mengidentifikasi Kode – G NC
2). Memahami konsep pemprograman C
3). Menyusun Program Bubut CNC
4). Mengedit program bubut CNC

### Uraian Materi

### a). Naskah Program Mesin Bubut CNC unit Didaktik

Naskah program CNC disebut juga dengan lembar program. Lembar program ini merupakan kumpulan data (informasi) yang diperlukan untuk pemesinan suatu komponen (benda kerja) sesuai dengan informasi yang terdapat dalam gambar kerja.

Penyusunan program yang demikian ini disebut dengan pemprograman yang berstandar.

**b). Bagian-bagian dari Program CNC**

Karena semua jenis mesin CNC dieksekusi dengan program CNC, maka sistemnya haruslah sama, baik untuk unit didaktik maupun untuk unit skala industri.

Program CNC terdiri dari iga bagian utama, yakni:

- Kepala program – Pada beberapa mesin berbeda.
- Isi (tubuh program) – semua mesin CNC sama, kecuali penulisan angka, adala yang 1/100 mm (0.01) ada yang 1 mm (1.), Namun konsep dasar dan pengertiannya sama.
- Penutup program – Pada semua mesin sama.

Setiap program CNC terdiri dari sekumpulan alamat (*address*), blok, kata (*word*).

**Blok**: Blok program CNC berisikan data yang diperlukan untuk proses pemesinan, misalnya, eretan lintang akan maju 10 mm (SPD = 0.01) dengan kecepatan pemakanan 17 mm/min, maka bloknya adalah sebagai berikut:

| **N** | **G (M)** | **X (I)** | **Z (K)** | **F (L)(K)(T)** | **H** |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 0 | -300 | | |
| 01 | 01 | -1000 | 0 | 75 | |
| 02 | 01 | 0 | 300 | 100 | |

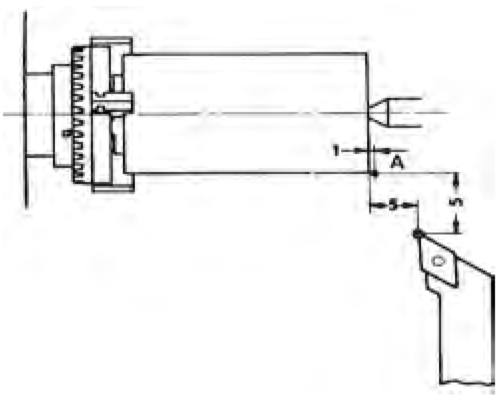
**Kata**: Setiap blok terdiri dari beberapa kata, yang mempunyai arti sendiri-sendiri. Angka –1000, adalah merupakan data pada alamat X, karena SPD = 0.01, maka –1000 x 0.01 = –10 mm. Sementara tanda negatif me-nunjukkan bahwa mesin diperintahkan maju arah sumbu X (Gerak me-lintang). Jadi kata adalah merupakan gabungan huruf dan kombinasi ang-ka. G00 ini dirancang karena alasan ekonomis, sehingga kecepatannya harus secepat mungkin. Karena mesin bubu CNC iini merupakan unit didakti, kecepatannya sangat dibatasi (hanya 700 mm/min) untuk tujuan pembelajaran, bukan produksi.

## 6.1 G00 – *Rapid Traverse* — Lintasa cepat

G00 ini digunakan untuk penempatan puncak mata alat mendekati dan menjauhi benda kerja (tanpa beban) dengan format blok G00 sebagai berikut:

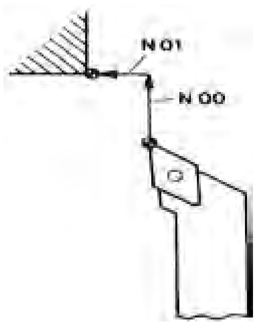
- N ... G00 X ± ... Z 0 → lintasan melintang
- N ... G00 X 0 Z ± ... → lintasan memanjang mesin
- N ... G00 X ± ... Z ± ... → lintasan diagonal

Contoh 1.1:




Gambar 6.1 Posisi bebas alat potong

Untuk pemasangan dan pe-lepasan pahat (alat potong), maka diberilah jarak kebe-basan dari sisi ujung bendak kerja, lihat Gambar 6.1. Selanjutnya dalam program, alat potong akan di lintaskan ke titik A dengan kecepatan maksimum, lihat juga program CNC untuk melintaskan puncak mata alat potong ke titik A.




Blok N00: Pahat bergerak maju 5 mm pada alamat X (= -5). Untuk metoda inkremental, alamat Z adalah 0

Blok N010: Pahat bergerak maju ke kiri 4 mm pada alamat Z (= -4). Untuk metoda inkre-mental, alamat X ada-lah 0

Gambar 6.2 Blok Lintasan Pahat ( N01 dan N02)

**Lembar program**: dengan lintasan melintang dan menanjang mesin

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | – 500 | 0 | | | Maju X – 5 mm |
| 01 | 00 | 0 | – 400 | | | Maju Z – 4 mm |
| 02 | M30 | Penutup Program | | | | |

atau

**Lembar program**: dengan lintasan diagonal

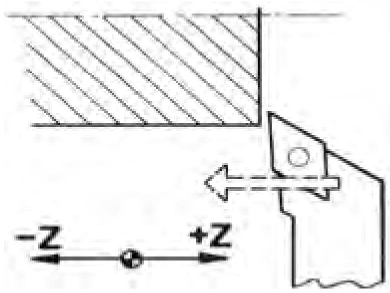
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | – 500 | – 400 | | | Maju X dan Z masing-masing – 5 mm dan – 4 mm |
| 01 | M30 | Penutup Program | | | | |

## 6.2 G01 – *Interpolasi Linier* — Gerak Sisipan Lurus

G01 ini digunakan untuk proses penyayatan benda kerja dengan kecepatan terprogram (1 s.d. 499 mm/min.) dengan kemungkinan lintasan sebagai berikut:

- N ... G01 X 0 Z ± ... F... → gerak memanjang mesin
- N ... G01 X ± ... Z 0 F... → gerak melintang
- N ... G01 X ± ... Z ± ... F... → gerak diagonal (bubut tirus)

### a). Pembubutan memanjang — Arah Sumbu Z

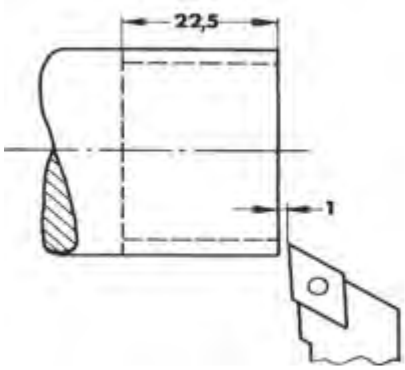



Pembubutan memanjang dengan kecepatan pemakanan terpro-gram. Dalam hal ini tidak terdapat gerakan inter-polasi (sisipan)

Gambar 6.3 Arah pembubutan memanjang.

Contoh 2.1):

Pahat harus bergerak ke arah Z 23.5 mm (22.5 + 1), dengan posisi pahat seperti terlihat pada Gambar 6.4.




Masukan untuk pempro-graman:

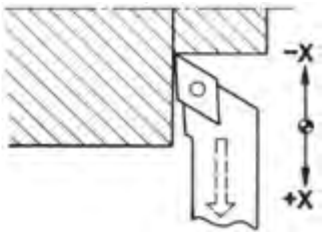
a. Menuliskan nomor blok
b. Menuliskan G01
c. Menuliskan harga X = 0
d. Menuliskan harga Z dalam per seratus (SPD = 1/100), dalam hal ini = –2350
e. Menuliskan harga F = 80

Gambar 6.4 Arah pembubutan arah sumbu –Z .

**Lembar program**: Pembubutan Memanjang — arah sumbu –Z

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | | | | | | |
| ... | 01 | 0 | – 2350 | 80 | | |
| | | | | | | |

**b). Pembubutan melintang — Arah Sumbu X**




Pembubutan melintang dengan ke-cepatan pemakanan terprogram. Dalam hal ini juga tidak terdapat gerakan interpolasi (sisipan)

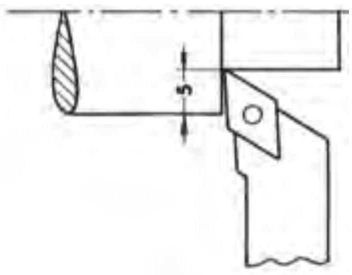
Gambar 6.5 Arah pembubutan melintang.

Contoh:

Untuk pembubutan muka (*facing*), pahat harus bergerak dari permukaan keliling diameter terbesar menuju diameter ter-kecil benda kerja, lihat Gambar 6.5.

Masukan untuk pemprograman:

a. Menuliskan nomor blok
b. Menuliskan G01
c. Menuliskan harga X dalam per sera-tus (SPD = 1/100), dalam hal ini = –500
d. Menuliskan harga Z
e. Menuliskan harga F = 80



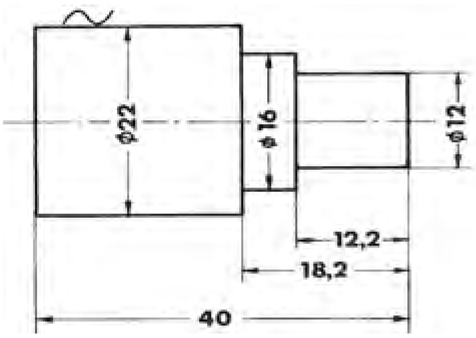

Gambar 6.6 Pembubutan melintang

**Lembar program**: Pembubutan Melintang — arah sumbu –X

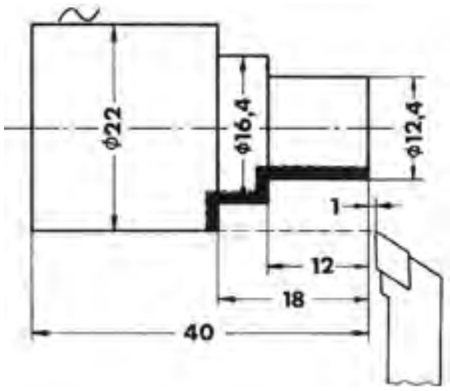
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | | | | | | |
| ... | 01 | – 500 | 0 | 60 | | |
| | | | | | | |

Contoh:

Sebuah poros bertingkat Gambar 6.6, akan dihaluskan dengan sekali jalan, dengan kedalaman pemotongan 0.2 mm. Posisi pahat seperti terlihat pada Gambar 6.7. Posisi pahat harus dikembalikan ke posisi di mana puncak mata pahat berada 1 mm dari ujung muka benda kerja dan 5 mm dari permukaan keliling benda kerja ∅ 22 mm.




Gambar 6.7 Pembubutan melintang




Gambar 6.8 Pembubutan melintang

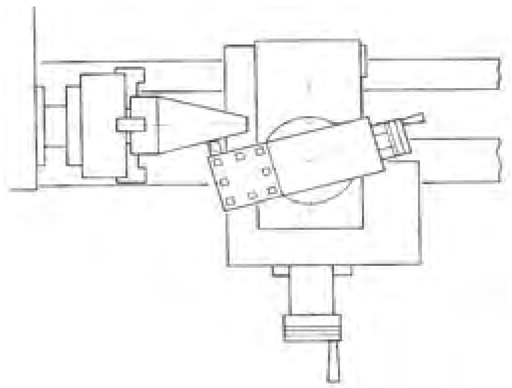
**Lembar program**: Pembubutan Poros Bertingkat

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | – 500 | 0 | | | |
| 01 | 01 | 0 | – 1320 | 50 | | |
| 01 | 01 | 200 | 0 | 50 | | |
| 03 | 01 | 0 | – 600 | 50 | | |
| 04 | 01 | 300 | 000 | 50 | | |
| 05 | 00 | 500 | 0 | | | |
| 06 | 00 | 0 | 1920 | | | |
| 07 | M30 | | | | | |
| | | | | | | |

### c). Pembubutan Tirus — Sisipan antara Sumbu X dab Z

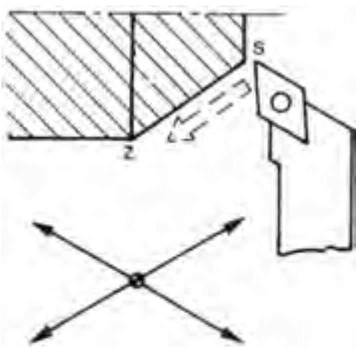
Pembubutan tirus dengan mesin bubut konvensional, eretan atas dapat digunakan untuk membubut tirus, yakni dengan memutar keretan atas sesuai dengan besar sudut ketirusan. Selanjutnya ro-da tangan yang terdapat pada eretan atas diputar ke kanan atau ke kiri untuk mendapatkan hasil pembubutan tirus, Gambar. 7.9.

Sementara Mesin bubut CNC tidak memiliki eretan atas, apalagi yang dapat di putar. Gerak penyayatan harus dilakukan dengan eretan memanjang dan eretan melintang. Oleh sebab itu, untuk mendapatkan hasil pembubutan tirus, eretan memanjang dan eretan melintang harus bergerak secara bergantian dengan masing-masing jarak berdasarkan sudut ketirusan yang me-rupakan perbandingan anta-ra X dan Z (X : Z).



Gambar 6.9 Mesin bubut konvensional

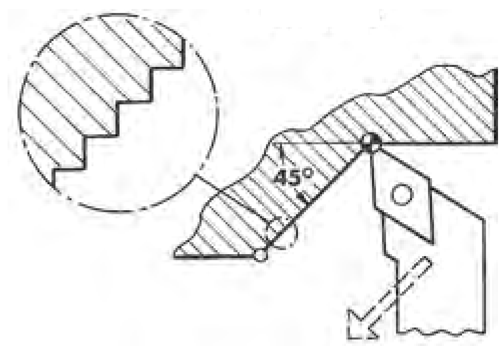
Pada mesin CNC, mikrop-rosesor akan menghitung nilai perbandingan X dan Z, lalu meneruskan infor-masi lintasan ke motor langkah (motor step). Hasil perhitungan perbandingan lintasan antara sumbu X dan sumbu Z inilah yang di-sebut dengan interpolasi linier.




Gambar 6.10 Arah pembubutan tirus.

Pembubutan tirus dengan kece-patan pemakanan terprogram. Da-lam hal ini terdapat gerakan inter-polasi (sisipan), Pergerakan sum-bu X dan sumbu Z saling bergan-tian, sampai membentuk hasil bu-butan tirus, mulai dari titik awal s sampai dengan titik akhir z.

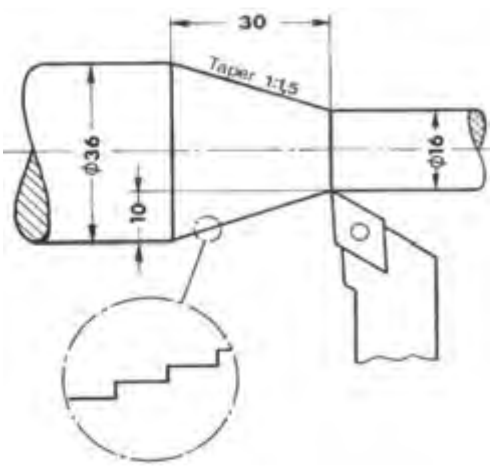
Contoh 3.1):




Untuk sudut ketirusan = 45°, perbandingan X : Z adalah 1 : 1, artinya dalam pemesinan CNC, eretan memanjang dan eretan melintang bergerak dalam interval yang sama. Lihat Gambar 6.11

Gambar 6.11 Sudut ketirusan 45°

Contoh 3.2):




Gambar 6.12 Tirus 1: 1.5

Panjang yang akan dibubut tirus adalah 30 mm, semen-tara selisih diameter besar dan diameter kecil adalah ∅36 – ∅ 16 = 20 mm, sehingga perbandingan anta-ra X da Z adalah 10 : 30 atau 1 : 3. Maksudnya adalah jika eretan melintang (sumbu X) bergerak 1 mm, beranti eret-an memanjang (sumbu Z) bergerak 3 mm, lihat Gambar 6.12.

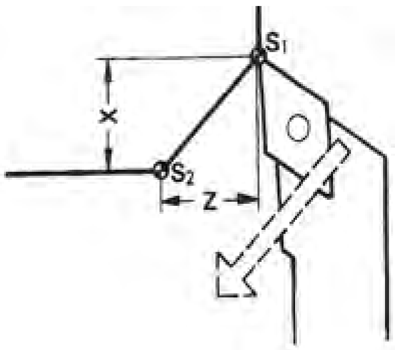
Contoh 3.3):

Untuk pembubutan tirus penyelesaian (*finishing*), lihat Gambar 6.13, lakukan dengan prosedur berikut:

Masukan untuk pemprograman:

a. Menuliskan nomor blok

b. Menuliskan G01




c. Menuliskan harga X (nilai ordinat pada $s_2$), titik akhir tirus (SPD = 1/100), dalam hal ini = 500
d. Menuliskan harga Z (nilai ordinat pada $s_2$), titik akhir tirus (SPD = 1/100), dalam hal ini = –500
e. Menuliskan harga F = ... (dititung)

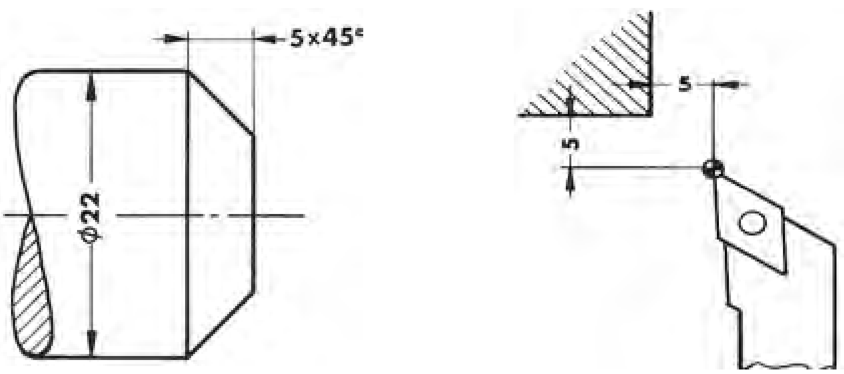
Gambar 6.13 Pembubutan melintang

**Lembar program**: lintasan tirus

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | | | | | | |
| ... | 00 | 500 | – 000 | | | Tirus 1 : 1 |
| | | | | | | |

Contoh 3.4):

Untuk pembubutan pinggul-an 5 x 45°, Gambar 6.14 adalah dengan program CNC berikut:




Gambar 6.14 Pinggulan 5 x 45°

**Lembar program**: lintasan bertahan dan tirus

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | – 650 | 0 | | | |
| 01 | 00 | 0 | – 400 | | | |
| 02 | 01 | 150 | – 150 | | 75 | Kasar |
| 03 | 00 | 0 | 150 | | | |
| 04 | 00 | – 250 | 0 | | | |
| 05 | 01 | 250 | –250 | | 75 | Kasar |
| 06 | 00 | 0 | 250 | | | |
| 07 | 00 | – 350 | 0 | | | |
| 08 | 01 | 350 | –350 | | 75 | Kasar |
| 09 | 00 | 0 | 350 | | | |
| 10 | 00 | – 450 | 0 | | | |
| 11 | 01 | 450 | – 450 | | 75 | Kasar |
| 12 | 00 | 0 | 450 | | | |
| 13 | 00 | – 550 | 0 | | | |
| 14 | 01 | 550 | – 550 | | 75 | Kasar |
| 15 | 00 | 0 | 550 | | | |
| 16 | 00 | – 500 | 0 | | | |
| 17 | 01 | 0 | – 100 | | 10<br>0 | |
| 18 | 01 | 500 | – 500 | | 50 | *Finishing* |
| 19 | 00 | 500 | 1000 | | | |
| 20 | M30 | | | | | |

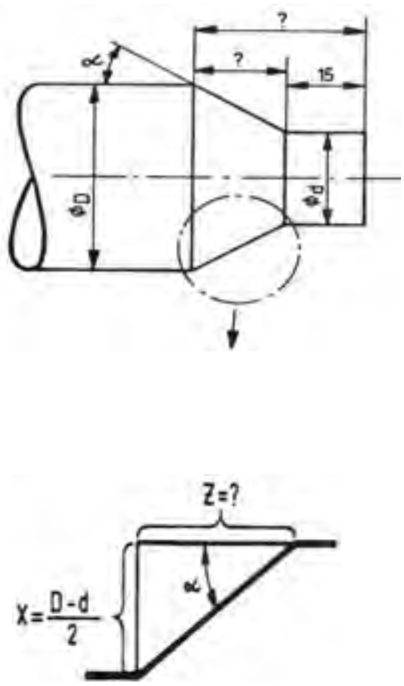
**d). Informasi Kerja Berdasarkan Sudut**

Pada gambar kerja, sering ditemukan bahwa panjang kaki sudut tidak turut digambar, melainkan hanya sudutnya. Oleh karena itu dalam

operasi pembubutan dengan CNC, koordinat Z harus dihitung dengan fungsi sudut.

Tan ∝ = {(D – d)/2} / Z

Harga X dapat diketahui dari per-bedaan diameter terbesar de-ngan diemeter terkecil benda kerja. Namun harga Z harus dihi-tung, dengan rumus di atas.




Gambar 6.15 Benda kerja tirus

Sudut yang lazim pada benda kerja:

| ∝ | Tan ∝ |
|---|---|
| 15° | 0.268 |
| 30° | 0.577 |
| 45° | 1 |
| 60° | 1.732 |
| 75° | 3.732 |

Contoh:

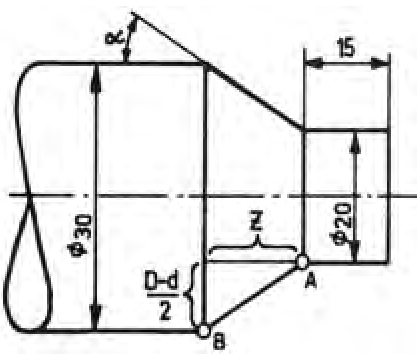
Bila pada Gambar 6.16 sudut (∝) adalah 30°, maka panjang bagian tirus (arah sumbu Z) dapat dihitung dengan:

Tan ∝ = {(D – d)/2} / Z, sehingga,

Z = {(D – d)/2} / Tan ∝

Z = {(30 – 20)/2} / Tan 30°

Z = 5/0.577 = 8.66 mm




Gambar 6.16 Tirus dengan sudut 30°

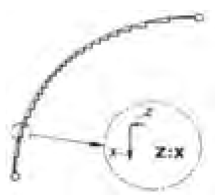
Pemprograman tirus dari titik A ke titik B (secara inkremental) adalah sebagai berikut:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | ... | |
| ... | 01 | 500 | – 866 | | 80 | dari A – ke B |
| ... | | | | | | |

## 6.3 G02 dan G03 — *Interpolasi Radius* — Gerak Sisipan radius

Seperti pada interpolasi lurus, suatu busur lingkaran dibagi dengan sejumlah garis datar dan tegak, di mana perbandingan antara X : Z berubah tahap demi tahap, lihat Gambar 6.17. Sementara pada interpolasi lurus perbandingan  X dan Z adalah secara konstan.

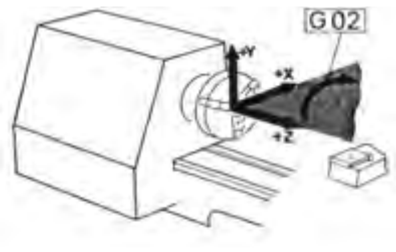
Interpolasi Radius. Fungsi kerja interpolasi radius ini ada 2, yakni G02 (radius searah putaran jarum jam) dan G03 berlawanan arah dengan putaran jarum jam).  G02 dan G03 adalah fungsi kerja (Preparatory Func-tion), dengan format sebagai berikut:




Gambar 6.17 Interpolasi radius

Untuk menyatakan searah jayrum jam dan berlawanan arah dengan jarum jam didasarkan pada titik pengamatan, yakni dari arah positif sumbu ke tiga.

Pada mesin bubut unit didaktik eretan berada di depan sumbu memanjang mesin.




Gambar 6.18. Tampilan G02

Sementara mesin industri, eret-an berada di belakang sumbu meman-jang. Oleh karena itu, untuk dapat me-netapkan searah atau berlawanan arah dengan putaran jarum jam haris dilihat dari bawah ke atas. Kalau dari atas akan kelihatan terbalik.

Bantuan pengertian:

Gambarlah suatu anak panah meling-kar seperampat kuadran di atas secarik kertas, lalu lihat bayangannya dari balik kertas. Bayangan inilah yang menjadi pedoman penetapan yang tepat.

Sekali lagi ditegaskan, bahwa kalau untuk mesin industri, radius searan jarum jam ditetapkan sebagaimana terlihat di atas ker-tas.




Gambar 6.19. Tampilan G03

Mesin bubut unit didaktik dapat membubut radius sampai dengan 90°. Apabila radius lingkaran yang akan dibubut adalah 90° (satu kuadran). Format masukan interpolasi radius adalan:

**Lembar program**: Untuk G02 dan G03

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | ± ... | ±... | ... | ... | |
| ... | 03 | ± ... | ±... | ... | ... | |

Apabila radius lingkaran yang akan dibubut kurang dari 90° (< dari satu kuadran). Format masukan interpolasi radius adalan:

**Lembar program**: untuk G02 dan G03 Parameter radius (M99)

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | ± ... | ±... | ... | ... | |
| … | M99 | I … | K … | | | |
| ... | 03 | ± ... | ±... | ... | ... | |
| … | M99 | I … | K … | | | |
| | | | | | | |

I adalah parameter radius arah sumbu X.

K afdalah parameter radius arah sumbu Z

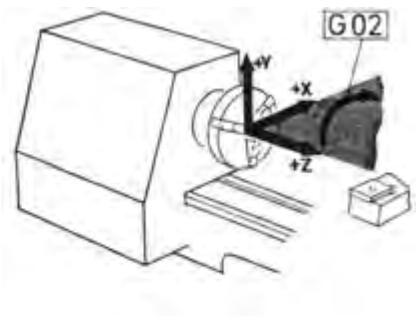
Nilai masukan maksimal:

X ± 5999 = 59.99 mm

Z ± 32760 = 327.6 mm

I ± 5999 = 59.99 mm

K ± 5999 = 227 mm



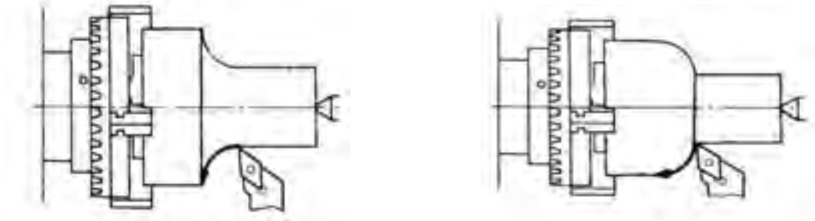

Gambar 6.20 G02 pahat ada di belakang sumbu Z




Gambar 6.21 G03 pahat ada di depan sumbu Z

Penetapan Interpolasi Radius G02/G03: (Benda kerja dilihat dari atas)

Searah jarum jam — G02 Berlawanan arah jarum jam — G03



Gambar 6.22 Arah radius untuk G02 dan G03

Prosedur pemprograman radius seperempat lingkaran

a). Nomor blok, masukan mulai dari nomor blok N

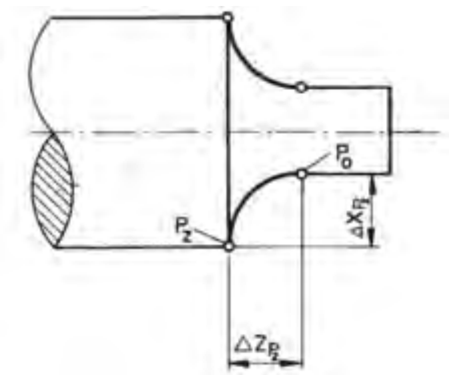
b). Arah putaran, masukan untuk penetapan G02 atau G03.

c). Koordinat titik akhir pembuatan radius, baik X maupun Z, dalam 1/100 mm., sesuai dengan SPD.

d). Kecepatan pemakanan, masukan untuk alamat F.

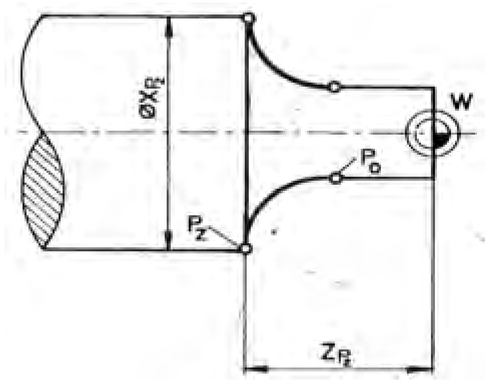
Landasan pemprograman G02/G03

Inkremental



Gambar 6.23 Tanpa titik nol benda kerja benda kerja

Absolut



Gambar 6.24 Dengan titik nol

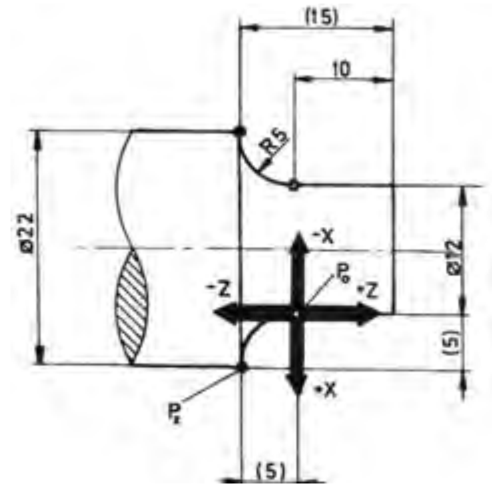
Program CNC Inktremental:

N ... / G02 / $\Delta X_{Pz}$ / – $\Delta Z_{Pz}$ / F ...

Program CNC Absolut:

N ... / G02 / $\varnothing X_{Pz}$ / – $Z_{Pz}$ / F ...

Contoh 3.1): Inkremental

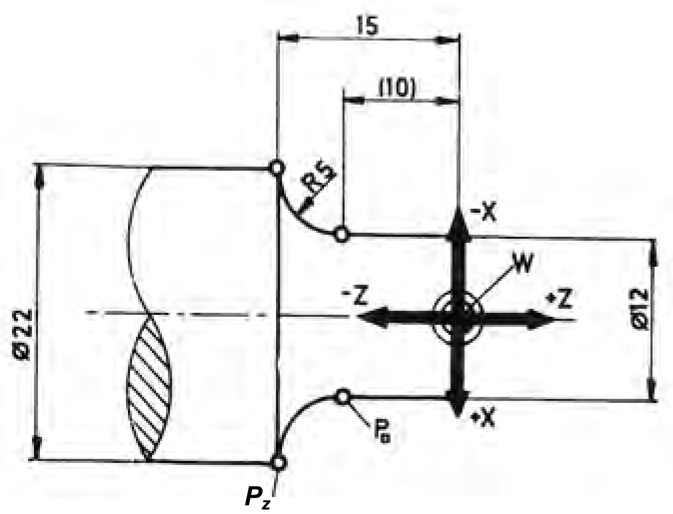



Gambar 6.25. Gambar kerja untuk pemprograman inkremental

**Lembar program**: lintasan tirus

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | 500 | –500 | ... | | $P_0$ ke $P_z$ |

Contoh 3.2): Absolut



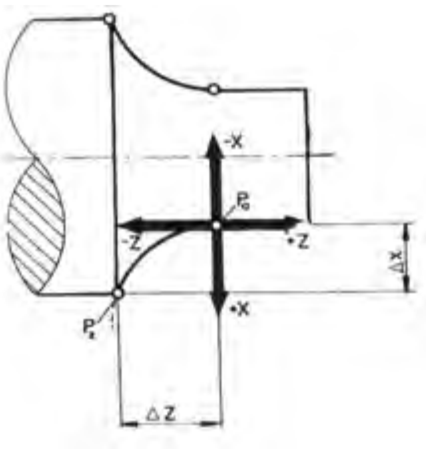

Gambar 6.26. Gambar kerja untuk pemprograman absolut

**Lembar program**: lintasan Absolut berdasarkan diameter benda kerja

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | 2200 | -1500 | ... | | $P_0$ ke $P_z$ |

**Pemprograman Busur Lingkaran = 90°**

Pemprograman inkremental




Busur lingkaran yang akan di-bubut adalah $P_o$ ke $P_z$

Blok I:

a. Nomor blok N ...
b. Arah putaran G02 atau G03
c. Koordinat titik akhir dari busur lingkaran $X_{Pz}$ dan $Z_{Pz}$ dari titik awal.
d. Kecepatan Pemakanan F ...

Gambar 6.27 Radius 1 kuadran – inkremental

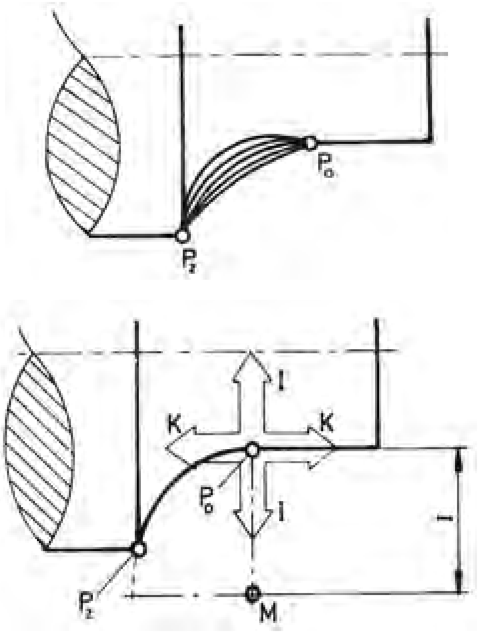
**Lembar program**: lintasan inkremental

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | $\Delta X_{Pz}$ | $-\Delta Z_{Pz}$ | ... | | $P_0$ ke $P_z$ |

Blok II:

a. Nomor blok N ...
b. Arah putaran G02 atau G03

c. Koordinat titik akhir dari busur lingkaran $X_{Pz}$ dan $Z_{Pz}$ dari titik awal.
d. Kecepatan Pemakanan F ...




Gambar 7.28 Radius 1 kuadran – absolut

Komputer telah mengidentifikasi titik awal dan titik akhir busur, tetapi belum tahu besarnya radius. Oleh karena itu, koordinat titik pusat lingkaran dinyatakan dengan:

a. Nomor blok
b. M99
c. Koordinat titik pusat radius de-ngan alamat I dan K.

Nilai I dan K merupakan jarak dari titik awal radius ke titik pusat busur ling-karan tersebut.

Catatan:

Karena busur lingkaran tidak dapat dilakukan lebih dari 90°, maka nilai I dan K tidak perlu diberi tanda.

Ketentuan penetapan parameter I dan K:

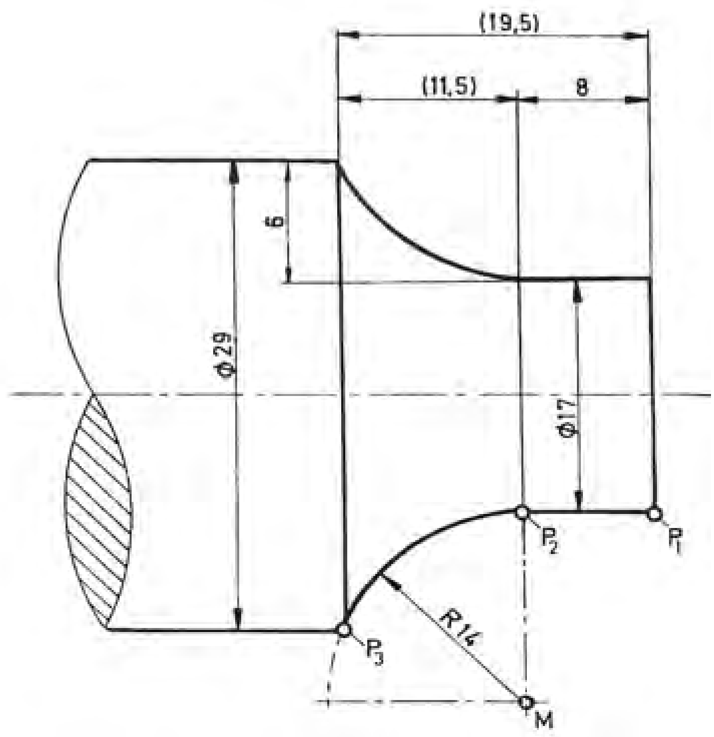
Bila I = R, maka K = 0;

I = 0, jika K = R. Di luar ketentuan ini, berarti nilai I dan K pasti ada.

**Lembar program**: lintasan Absolut berdasarkan diameter benda kerja

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | $\varnothing X_{Pz}$ | $-Z_{Pz}$ | ... | | $P_0$ ke $P_z$ |
| | M99 | $I_M$ . = R | $K_M = 0$ | | | |

Contoh 3.3): Inkremental



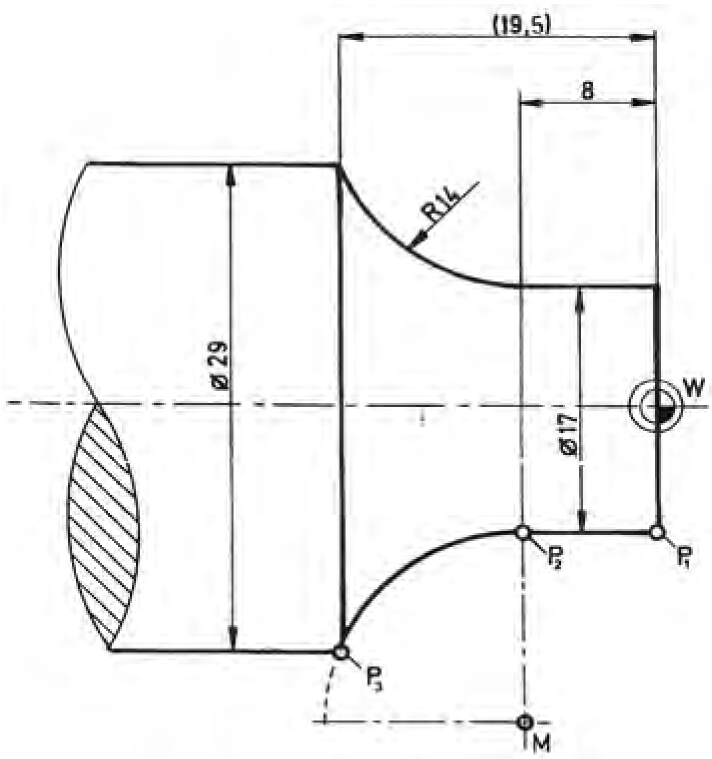

Gambar 6.29 Gambar kerja untuk pemprograman inkremental

**Lembar program**: lintasan radius secara inkremental.

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | . | |
| 100 | 01 | 0 | – 800 | ... | | $P_1 \rightarrow P_2$ |
| 101 | 02 | 600 | –<br>1150 | ... | | $P_2 \rightarrow P_3$ |
| 102 | M99 | I 1400 | K 00 | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Contoh 3.4): Absolut



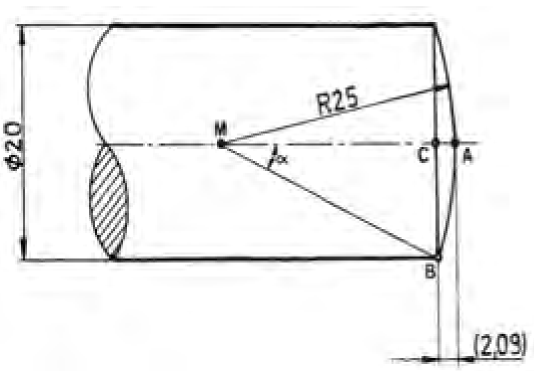

Gambar 6.30 Gambar kerja untuk pemprograman Absolut berdasarkan diameter

**Lembar program**: lintasan radius secara inkremental.

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | | ... → $P_1$ |
| 100 | 01 | 1700 | – 800 | ... | | $P_1$ → $P_2$ |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 101 | 02 | 2900 | – 1950 | ... | | $P_2 \rightarrow P_3$ |
| 102 | M99 | I 1400 | K 00 | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

Perhitungan Koordinat titik awal, titik akhir radius, dan parameter I, K dapat dilakukan dengan cara sebagai berikut




Gambar 6.31 Benda kerja dengan ujung radius

Dari Gambar 6.31 dapat di-cari besaran-besaran titik ko-ordinat melalui perhitungan seperti di bawah ini.

MA = MB = R = 25 mm

CB = ½ x diameter = ½ x 20

CB = 10 mm.

Sin ∝ = BC / MB = 10/25

∝ = 23.57°

cos ∝ = MC / MB

MC = cos ∝ x MB

= cos 23.57 x 25 = 22.91

MC = 22.91 mm

CA = MA – MC = 25 – 22.91 = 2.09

CA = 2.09 mm

Titik nol benda kerja berada pada titik A.

| | ∅X (mm) | Z (mm) |
|---|---|---|
| A | 0 | 0 |
| B | 20 | –2.09 |

| ΔX (mm) | ΔZ (mm) |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 10 | –2.09 |

ΔX = inkremental

ΔZ = inkremental

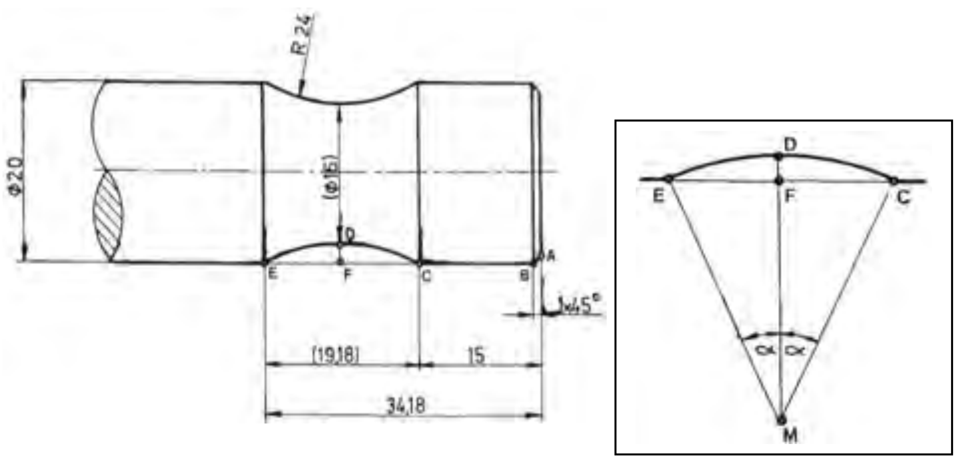
∅X = Absolut

Z = Absolut

Dengan hasil perhitungan tersebut, susunlah program CNC untuk pembubutan benda kerja yang mengacu pada Gambar 6.31.

**Lembar program**: lintasan radius secara inkremental.

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |




Gambar 6.32 Benda kerja dengan tembereng datar

Perhatikan Gambar 6.32, semua besaran koordinat yang diperlukan untuk menyusun program dapat dihitung dengan cara berikut:

$\underline{CM} = R = 24$ mm; $\underline{DF} = 2$ mm

$\underline{FM} = \underline{CM} - \underline{DF} = 24 - 2 = 22$ mm

$\underline{FM} = 22$ mm.

$\cos \propto = \underline{FM} / \underline{CM} = 22 / 24 = 0.092$

$\propto = 23.55°$

$\sin \propto = \underline{FC} / \underline{CM}$

$\underline{FC} = \sin \propto \times \underline{CM} = \sin 23.55 \times 24 = 9.59$ mm

$\underline{FC} = 9.59$ mm.

| | ∅X (mm) | Z (mm) |
|---|---|---|
| A | 18 | 0 |
| B | 20 | –1 |
| C | 20 | –15 |
| D | 16 | –24.59 |
| E | 20 | –34.18 |

| ΔX (mm) | ΔZ (mm) |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 1 | –1 |
| 0 | –14 |
| –2 | –9.59 |
| 2 | –9.59 |

ΔX = inkremental
ΔZ = inkremental

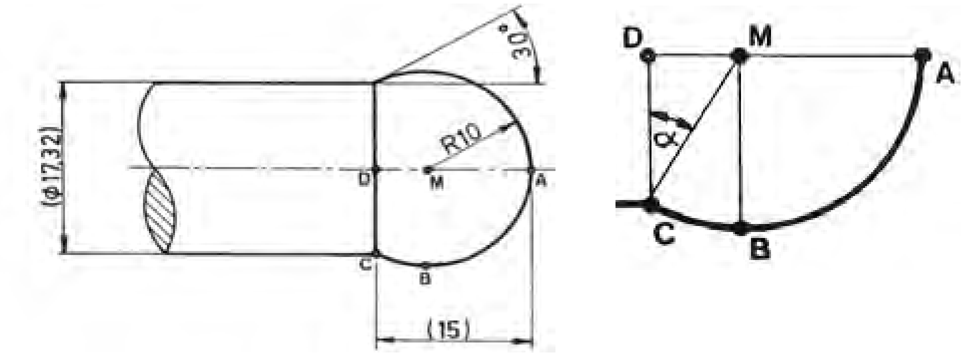
∅X = Absolut
Z = Absolut

Dengan hasil perhitungan tersebut, susunlah program CNC untuk pembubutan benda kerja yang mengacu pada Gambar 6.32.

**Lembar program**: lintasan radius secara inkremental.

| **N** | **G (M)** | **X (I)** | **Z (K)** | **F (L)(K)(T)** | **H** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |




Gambar 6.33 Benda kerja dengan tembereng lebih dari 90°

Perhatikan Gambar 6.33, radius lebih dari satu kuadran (90°), artinya ada dua bagian busur lingkaran, satu = 90°, dan satu lagi kurang dari 90°. Untuk itu diperlukan dua blok interpolasi radius. Satu blok untuo 90°, dan satu blok lagi untuk < 90°. Untuk itu perlu dihitung semua besaran koordinat, baik titik koordinat awal maupun titik koordinat akhir radius dengan cara:

MR = R = 24 mm; DF = 2 mm

∝ = 30°

sin ∝ = DM / MC

DM = sin ∝ x MC = sin 30 x 10 = 5 mm

DM = 5 mm.

cos ∝ = DC / MC

DC = cos ∝ x MC = cos 30∝ x 10 = 8.66 mm

DC = 8.66 mm

Titik nol benda kerja berada pada titik A.

| | ∅X (mm) | Z (mm) |
|---|---|---|
| A | 0 | 0 |
| B | 20 | –10 |
| C | 17.32 | –15 |

| ΔX (mm) | ΔZ (mm) |
|---|---|
| 0 | 0 |
| 10 | –10 |
| –1.34 | –5 |

ΔX = inkremental
ΔZ = inkremental
∅X = Absolut
Z = Absolut

Dengan hasil perhitungan tersebut, susunlah program CNC untuk pembubutan benda kerja seseuai dengan Gambar 6.33.

**Lembar program**: lintasan radius secara inkremental.

| **N** | **G (M)** | **X (I)** | **Z (K)** | **F (L)(K)(T)** | **H** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

## 6.4 G04 – Waktu Tinggal Diam

Waktu tinggal diam (*dwell time*) ini maksudnya adalah eretan akan diam beberapa detik secara terprogram, tergantung besarnya waktu yang di set pada program, sementara fungsi lainnya aktif, seperti spindel ON, pendingin ON, dan sebagainya. Fungsi ini bermanfaat untuk membersihkan dan memutuskan habis beram yang tersisa. Waktu tinggal diam ini dimasukkan dalam program pada alamat X dengan;

Jenjang masukan = 0 s.d. 5999 dengan Satuan Waktu Dasar (SWD) = 1/100 detik. Jadi kalau pada alamat X masukan yang diberikan adalah 250, berarti mesin akan berhenti selama 1/100 x 250 = 2.5 detik. Setelah eretan diam selama 2.5 detik tersebut, mesin akan melanjutkan operasi pemesinan sesuai dengan isi program CNC yang terrogram

Biasanya G04 ini diprogram pada ujung/akhir suatu segmen pekerjaan, misalnya pada ujung bubut rata, pada diameter minor alur, pada ujung lubang gurdi (bor).

Format blok dalam lembaran program untuk G04:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | | |
| ... | 04 | 250 | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |

Catatan:
- Selama tinggal diam, program dapat digagalkan dengan penekanan tombol INV + REV secara bersamaan.
- Selama tinggal diam, penghentian sementara dengan menekan tombol INV + FWD secara bersamaan tidak dapat dilakukan. Penekanan kedua tombol tersebut hanya dapat dilakukan pada blok berikutnya, dan harus ditekan lebih lama dari waktu tinggal diam terprogram.

## 6. 5 G21 – Blok Sisipan — Blok Kosong

Blok ini disediakan untuk mengantisifasi perlunya blok tambahan untuk lebih menyempurnakan proses pemesinan, dengan tidak mengubah nomor blok-nomor blok berikutnya.

Format blok dalam lembaran program untuk blok kosong:

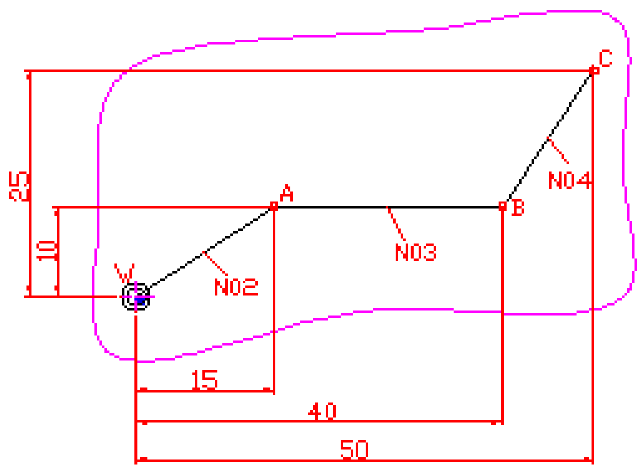
| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 21 | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |

Ketika hendak menyisipkan blok tambahan, Anda tinggal menghapus kombinasi angka (dalam hal ini 21 pada alamat G) yang terdapat pada alamat G, selanjutnya diganti dengan fungsi kerja (G) atau fungsi bantu (M) lainnya sesuai dengan yang dibutuhkan.

## 6.6 G24 – Penetapan Nilai Radius Pada Pemprograman Nilai Absolut

Pada pemprograman G90 dan G92, semua ukuran X dihitung berdasarkan nilai diameter. Karena mesin yang digunakan adalah mesin CNC unit didaktik, yang juga dapat digunakan ssebagai mesin frais CNC (tentunya dengan peralatan tambahan lainnya), sehingga dimungkinkan nilai X tidak sebagai nilai diameter, melainkan sebagai harga koordinat efektif. Oleh karena itu, jika Anda memprogram G24 sebelum G90 atau G92, maka nilai X dihitung  sebagai nilao koordinat efektif.




Gambar 6.34 Metoda pengukuran Absolut

Pada mesin CNC unit didaktik dapat dilengkapi dengan alat lukis (meja kecil dan pemegang pinsil). Meja di letakkan di belakang sumbu me-manjang dan pemegang pinsil di ikatkan pada blok pemegang pahat. Oleh karena itu, lintaswan yang dihasilkan oleh program CNC dapat dilukis diatas selembar kertas. Pola ini sangat baik untuk anak didik, karena sebelum mencoba di mesin, siswa dapat terlebih dahulu mengontrol ketepatan program CNC melalui hasil lukisan lintasan.

Contoh:

Pensil plottter harus bergerak dari titik nol benda kerja ke titik-titik A, B, C. Titik-titik tersebut diberi ukuran secara absolut, supaya penyusunan rograman lebih mudah.

Format blok dalam lembaran program untuk G24:

| **N** | **G (M)** | **X (I)** | **Z (K)** | **F (L)(K)(T)** | **H** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 24 | | | | | |
| 01 | 90 | | | | | |
| 02 | 00 | – 1000 | 1500 | | | |
| 03 | 00 | – 1000 | 4000 | | | |
| 04 | 00 | – 2500 | 5000 | | | |
| 05 | M30 | | | | | |

***Catatan***: G24 hanya dapat diprogram dalam hubungannya dengan G90 dan G92.

## 6.7 G25 – Pemanggilan Sub-Program — Berpasangan dengan M17

Dalam program CNC dikenal adanya program utama dan sub-program. Sub program biasanya diperlukan untuk me-nyusun program CNC untuk dua atau lebih bentuk

pekerjaan yang samap pada satu benda kerja. Oleh karena itu, tidak perlu jenis blok program CNC dengan lintasan yang sama pada satu program.

Sub-program sangat efektif di-gunakan untuk pengerjaan ben-tuk berulang. Sementara struk-tur program CNC antara utama dengan subnya sama. Pe-manggilan sub-program ini da-pat dilakukan dari program uta-ma melalui pemprograman G25 dan alamat L, lihat Gambar 6.35. Alamat L ini diisi dengan data nomor blok yang meru-pakan nomor sub-program.

Program utama

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 00 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 15 | 25 | | | ***50*** |
| 16 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M30 | | | |

Sub-program

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| ***50*** | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | ***M17*** | | | |

Gambar 6.35. Alur aliran program utama ke sub-program

**Pemprograman**:

1. Pemanggilan program.
   - Sub program dipanggil dengan G25
   - Pada alamat L diisikan dengan nomor blok dari nomor sub-program dimulai, Gambar 6.35
2. Sub-program

   Sub-program dimulai dengan nomor blok terpanggil dan berakhir pada nomor blok di mana fungsi bantu M17 terdapat.
3. Perintah kembali ke program utama dengan M17.

Setelah mesin (kontrol mesin) mengerjakan sub-program CNC, maka M17 akan memerintahkan kembali ke program utama pada blok setelah blok G25, dalam mcontoh Gambar 6.35 di atas, kembali ke blok N16.

Program utama

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 00 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 12 | 25 | | | ***50*** |
| 13 | 25 | … | … | ***50*** |
| 14 | 25 | … | … | ***50*** |
| 15 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M30 | | | |

Sub-program

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| ***50*** | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | ***M17*** | | | |

Gambar 6.36 Pemanggilan sub-program secara berulang

Sub-program juga dapat dipanggil sebagian, tergantung nomor pelompatan G25, lihat Gambar 6.37.

Program utama

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 00 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 5 | 25 | | | ***20*** |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M30 | | | |

Sub-program

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 15 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| ***20*** | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| | | | | |
| … | M17 | | | |

Gambar 6.37 Pemanggilan sebagian sub-program.

Beberapa sub-program juga dapat dipanggil sesuai dengan kebutuhan atau tuntutan pengerjaan benda kerja, lihat Gambar 6.38

Program utama

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 00 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | 25 | | | ***22*** |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | 25 | … | … | ***32*** |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M30 | | | |

Sub-program 1

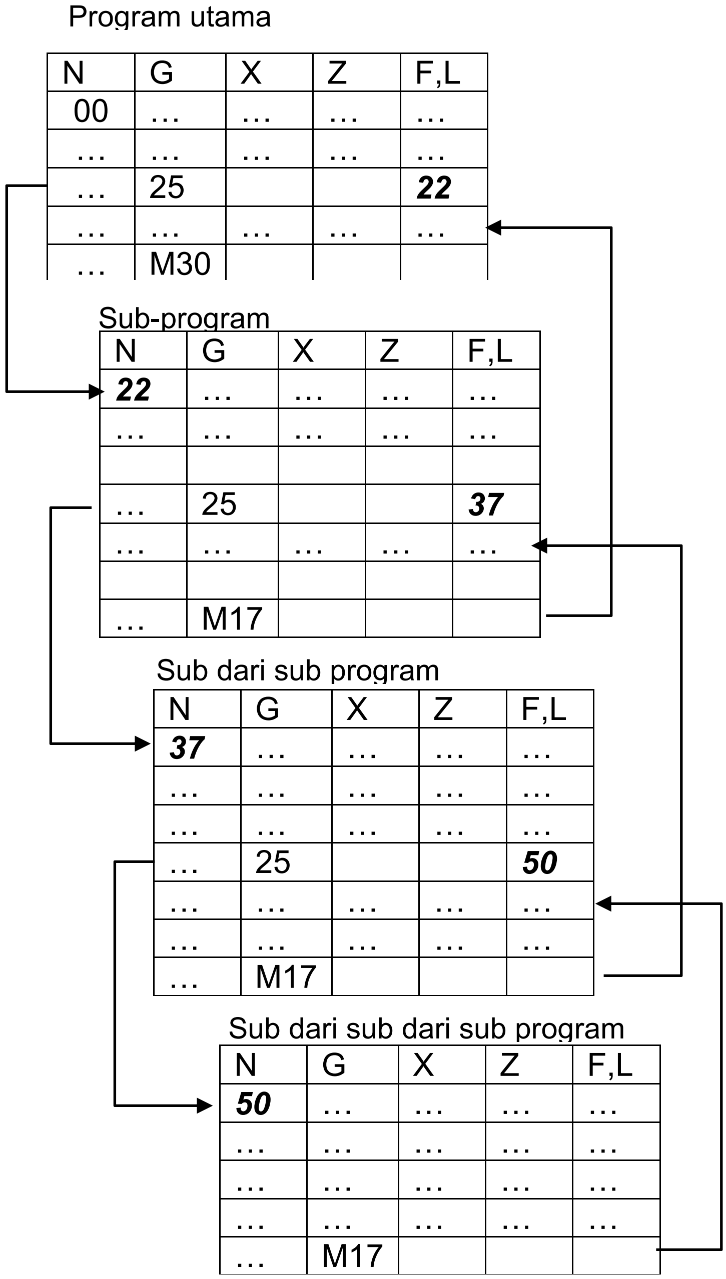
| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| ***22*** | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M17 | | | |

Sub-program 2

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| ***32*** | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M17 | | | |

Gambar 6.38 Pemanggilan beberapa sub-program.

Dari sub-program juga dapat mempunyai sub-program. Artinya sub-program dapat menurunkan beberapa sub-program, seperti diilustrasikan pada Gambar 6.39.




Gambar 6.39 Sub-program bertingkat.

Contoh:

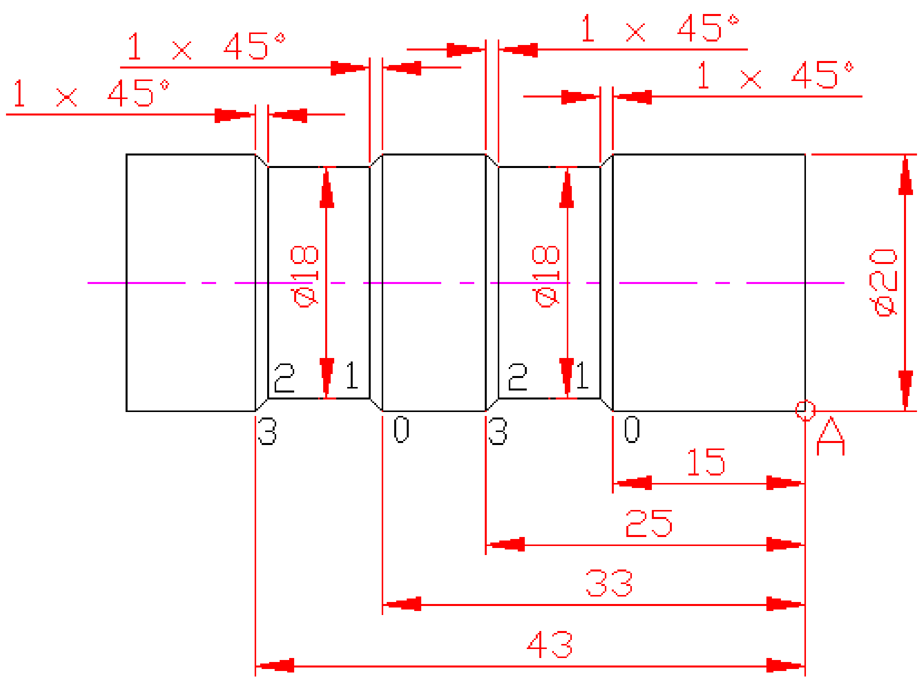
Sebuah benda kerja akan dibubut seperti terlihat pada Gambar 6.40. Untuk itu, perlu disusun terlebih dahulu prpgram CNCnya. Program CNC yang akan dibuat adalah dengan metoda inkremental dan alat potong yang digunakan adalah pahat netral.

0 s.d. 3 merupakan titik-titik sub-program

Posisi awal puncak mata alat potong netral adalah 5,5 dari sisi ujung permukaan keliling benda kerja.

Format blok dalam lembaran program untuk sub-rutin (sub-program):

| **N** | **G** (M) | **X** **(I)** | **Z** **(K)** | F **(L)**(K)(T) | **H** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | –400 | –500 | | | |
| 01 | M03 | | | | | Spindel ON |
| 02 | 01 | –100 | – 1500 | 100 | | |
| 03 | **25** | | | ***10*** | | |
| 04 | 00 | 0 | –800 | | | |
| 05 | **25** | | | ***10*** | | |
| 06 | 00 | 500 | 4800 | | | |
| 07 | M30 | | | | | |
| 08 | | | | | | |
| 09 | | | | | | |
| ***10*** | 01 | –100 | –100 | 50 | | 0 → 1 |
| 11 | 01 | 0 | –800 | 50 | | 1 → 2 |
| 12 | 01 | 100 | –100 | 50 | | 2 → 3 |
| 13 | M17 | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |




Gambar 6.40 Gambar kerja untuk sub-program

## 6.8 G27 – Pelompatan blok

Adakalanya suatu program tidak harus semuanya dilaksa-nakan, tergantung keperluan. Misalnya, material yang baru dibeli, di mana ujungnya masih kasar dan atau belum rata, sehingga pada pemesinan pertama perlu dilakukan bubut muka. Tetapi pada pemotongan berikutnya tidak diperlukan lagi karena hasil pemotongan de-ngan pahat potong sudah halus dan rata, maka blok bubut muka yang ada di blok bagian atas program, tidak perlu dilakukan.

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 00 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 15 | 27 | | | ***101*** |
| ***16*** | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| ***101*** | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 121 | 27 | | | ***16*** |
| … | … | … | … | … |
| | M30 | | | |

Gambar 6. 41 Pelompatan blok

Blok bubut muka tersebut tidak perlu dihapus, karena setiap materia yang baru masih harus digunakan. Oleh karena itu, blok bubut muka hanya perlu dilompati dengan memprogram G27 yang diikutu dengan alamat L sebagai alamat pelom-patan, lihat ilustrasi pada Gambar 6.41. Pelompatan ini bisa naik ke atas atau turun ke bawah.

Cara kerja program sesuai dengan yang dilustrasikan pada Gambar 6.41, dapat diuraikan seperti berikut:

- Pada blok 15 ada perintah G27 yang menginformasikan pelompatan ke blok 101
- Dari blok 101 akan dikerjakan terus ke blok 120
- Pada blok 121 ada perintah G27 yang menginformasikan pelompatan kembali ke blok 16.

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 00 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 10 | 21 | | | |
| 11 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 17 | … | … | … | … |
| 18 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M30 | | | |

| N | G | X | Z | F,L |
|---|---|---|---|---|
| 00 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 10 | 27 | | | ***18*** |
| 11 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| 17 | … | … | … | … |
| 18 | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … |
| … | M30 | | | |

Gambar 6.42. Penggantian G21 dengan G27

Pemakaian G27:

- Permukaan benda kerja selalu dikerjakan dengan selektif atau tetap tidak akan dikerjakan.
- Pada blok N11 s.d. N17 adalah program CNC untuk penghalusan.
- Oleh karena itu sebelum blok program penghalusan, programkan-lah G21, yakni pada blok N10.

Perintah Pelompatan:
Jika permukaan tetap kasar, gantilah G21 dengan G27 diiukuti dengan L18, sehingga ketika operasi pemesinan, blok-blok N11 s.d. N17 akan terlompati.

### 6.9 G33 — Penguliran dengan lintasan tunggal, tusuk tetap

Mesin bubut CNC unit Didaktik dapat digunakan untuk membubut ulir kanan, ulir kiri, baik luar maupun dalam, dengan kemungkinan tusuk (*pitch*) 0.02 s.d. 4.99 mm. Satuan panjang dasar (SPD) 1/100 mm.
Sementara jumlah putaran maksimal pada pemotongan ulir dibatasi oleh beswarnya tusuk. Jika putaran sumbu utama terlalu besar, sementara kecepatan pemakanan terlalu lambat akan mengakibatkan sinkronisasi terganggu artinya penguliran bisa tidak terjadi.
Oleh karena itu, sebelum operasi pemesinan ulir, programlah G20, sehingga ketika proses pemesinan, putaran mesin dapat disesuaikan, — dikurangi atau dinaikkan. Putaran yang terlalu tinggi menyebabkan proses penguliran akan terhenti dan pada layar tampilan akan tertayang alaram.
Untuk menghindari hal tersebut, gunakan tabel 9.1 untuk menetapkan kecepatan putaran spindel.

**Tabel 9.1 Hubungan Kisar Ulir dengan Kecepatan Putaran Spindel**

| Tusuk ulir | | Jumlah putaran maksimal (put/min) |
|---|---|---|
| **Metris (mm)** | **Imperial (Inci)** | |
| 0.02 s.d. 0.5 | 0.002 s.d. 0.2 | 950 |
| 0.5 s.d. 1 | 0.02 s.d. 0.4 | 500 |
| 1 s.d. 1.5 | 0.04 s.d. 0.06 | 320 |
| 1.5 s.d. 2 | 0.06 s.d. 0.08 | 250 |
| 2 s.d. 3 | 0.08 s.d. 0.12 | 170 |
| 3 s.d. 4 | 0.12 s.d. 0.16 | 120 |
| 4 s.d. 4.99 | 0.16 s.d. 0.199 | 100 |

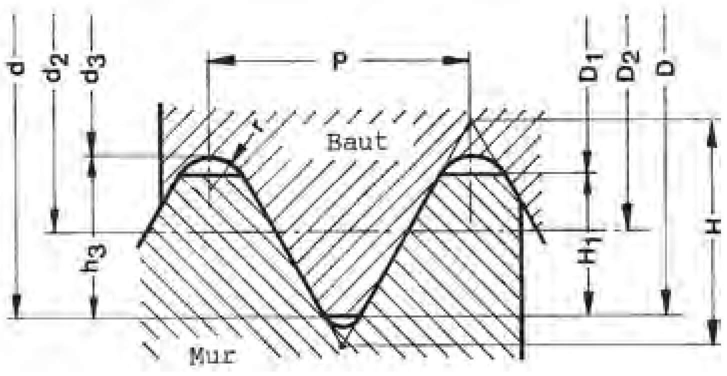
Kecepatan spindel lebih besar dari 5% dari ketentuan dalam Tebel 9.1 akan mengakibatkan munculnya alaram ***A06***.

## a) Besaran Ulir

Baut dan mur merupakan bagian mesin yang harus dapat dipertu-karkan satu dengan lainnya, oleh karena itu perlu persyaratan tertentu yang harus dipenuhi yang disebut dengan standar.
Standar dimaksud sangat berkaitan dengan:

a. Ketentuan kualitas,
b. Ketentuan pengujian, dan
c. Identifikasi berbagai jenis ulir.

Dalam buku teks ini akan dikemukakan ulir metris, sesuai dengan standar ISO, menurut DIN 13 (ISO = *International Standard Organisation* = Organisasi Standar Internasional, dan DIN = *Deutsches Institut fur Normung* = Institut Standarisasi Jerman).




Gambar 6.43. Besaran ulir metris ISO menurut DIN 13

Keterangan Gambar 6.43

P = Tusuk ulir

d = diameter luar baut

$D = d$ = diameter nominal baut dan mur

$d_2 = D_2$ = diameter tusuk baut dan mur

$d_3$ = diameter minor baut

$D_1$ = diameter minor mur

H = ketinggian profil ulir, tanpa pinggulan dan perataan (ke-tinggian profil segitiga bayangan)

$h_3$ = dalamnya ulir baut = ½ (d – d3).

$H_1$ = kedalaman bidang dukung ulir

r = radius pinggulan = H / 6 = 0.14434 x P

H = 0.86603 x P

$h_3$ = 0.61343 x P

$H_1$ = 0.54127 x P

r = 0.14434 x P

**Tabel 9.2 Besaran Ulir Baut dan Mur**

| D dan d | P | $d_1$ | $d_3$ | $h_1$ | $h_3$ | r |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 3 | 0.5 | 2.459 | 2.387 | 0.271 | 0.307 | 0.072 |
| 4 | 0.7 | 3.242 | 3.141 | 0.379 | 0.429 | 0.101 |
| 5 | 0.8 | 4.134 | 4.019 | 0.433 | 0.491 | 0.115 |
| 6 | 1.0 | 4.917 | 4.773 | 0.541 | 0.613 | 0.144 |
| 8 | 1.25 | 6.647 | 6.466 | 0.677 | 0.767 | 0.186 |
| 10 | 1.50 | 8.376 | 8.160 | 0.812 | 0.920 | 0.217 |
| 12 | 1.75 | 10.106 | 9.853 | 0.947 | 1.074 | 0.253 |
| 16 | 2.0 | 13.835 | 13.546 | 1.083 | 1.227 | 0.289 |
| 20 | 2.5 | 17.294 | 16.933 | 1.353 | 1.534 | 0.361 |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |

**b) Pahat Ulir Sisipan (*Threading Carbide Insert*)**

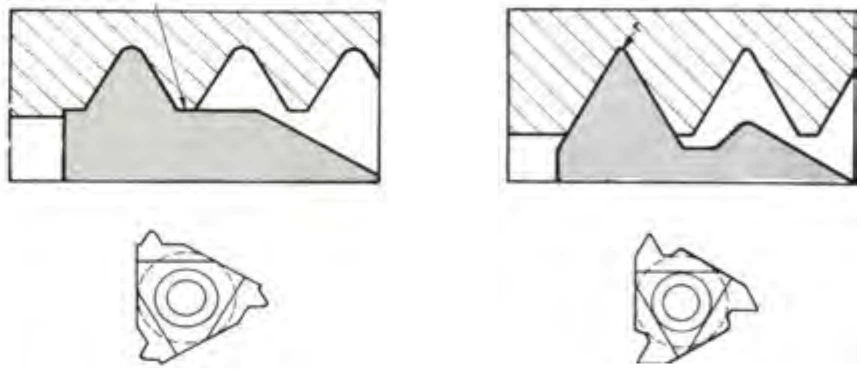
Dalam industri moderen, alat potong ulir yang digunakan adalah *Threading Carbide* Insert (alat potong ulir sisipan), jauh lebih praktis dan

efektif. Alat potong ulir sisipan ini ada dua macam lihat Gambar 6.44, yakni:

1). Pahat ulir profil penuh dan

2). Pahat ulir profil sebagian

Pahau ulir profil penuh　　　　Pahat ulir profil sebagian

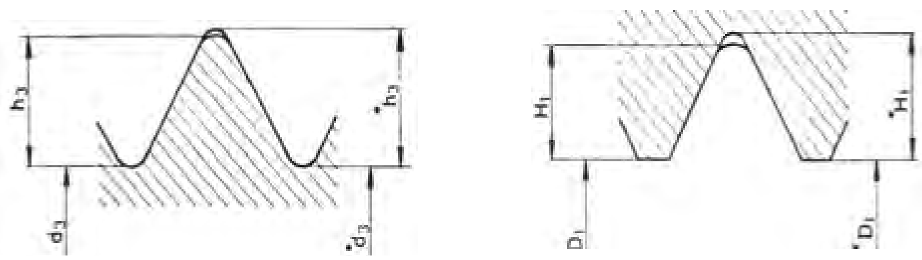



Gambar 6.44 Pahat ulir profil penuh dan sebagian

Untuk mesin bubut CNC unit didaktik, alat potong ulir yang direkomendasikan adalah alat potong ulir profil sebagian yang dapat memotong ulir dengan jenjang tusuk ulir 0.5 s.d. 1.5 mm, atau 16 s.d. 48 ulir per inci, dengan sudut ulir 60° dan pinggulan radius 0.04 s.d. 0.045 mm. Oleh karena itu, diameter minor $d_3$ untuk masing-masing tusuk berubah dari standar ISO dan dalamnya ulir pun menjadi lebih besar.

Iluistrasi profil penuh　　　　Ilustrasi profil sebagian

Baut　　　　Mur



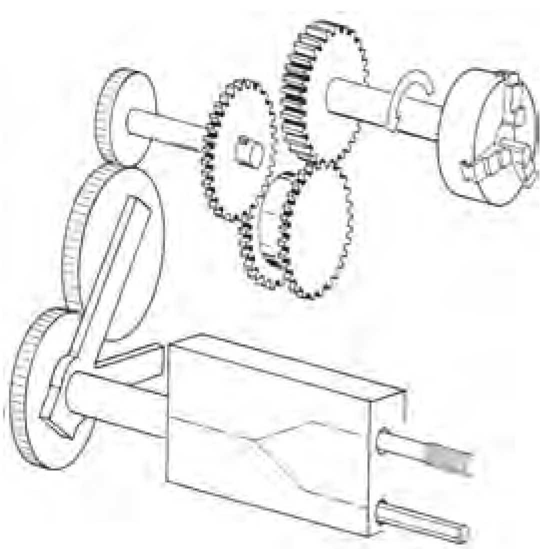
Gambar 6.45 Ilustrasi profil ulir penuh dan profil sebagian

**Tabel 9.3 Harga $h_3$ dan $H_1$**

| Tusuk ulir P (mm) | $H_3$ menu-rut ISO DIN 13 | $H_3$ pada pe-makaian pa-hat dengan radius pun-cak 0.04 mm | $H_1$ menurut ISO DIN 13 (radius pun-cak berubah untuk setiap tusuk | $H_1$ pada pe-makaian pa-hat dengan radius 0.04 mm |
|---|---|---|---|---|
| 0.5 | 0.307 | 0.339 | 0.271 | 0.302 |
| 0.6 | 0.368 | 0.415 | 0.325 | 0.371 |
| 0.7 | 0.429 | 0.490 | 0.379 | 0.440 |
| 0.75 | 0.460 | 0.528 | 0.406 | 0.474 |
| 0.8 | 0.491 | 0.566 | 0.433 | 0.508 |
| 1.0 | 0.613 | 0.718 | 0.541 | 0.646 |
| 1.25 | 0.767 | 0.907 | 0.677 | 0.817 |
| 1.5 | 0.920 | 1.100 | 0.812 | 0.988 |

**c) Sinkronisasi**

Pada mesin bubut konvensio-nal, gerakan transportir ber-asal dari roda gigi lewat roda gigi-roda gigi pengganti yang terdapat dalam lemari roda gigi, lihat Gambar 6.46. Dalam hal ini, terdapat hubungan mekanis antara transmisi tena-ga tersebut, di mana jika sum-bu utama berputar lebih lam-bat — karena beban lebih be-sar, maka transportir juga akan berputar lebih lambat ju-ga, tetapi demikian, pada pe-motongan ulir, tusuk/kisarnya tetap sama.



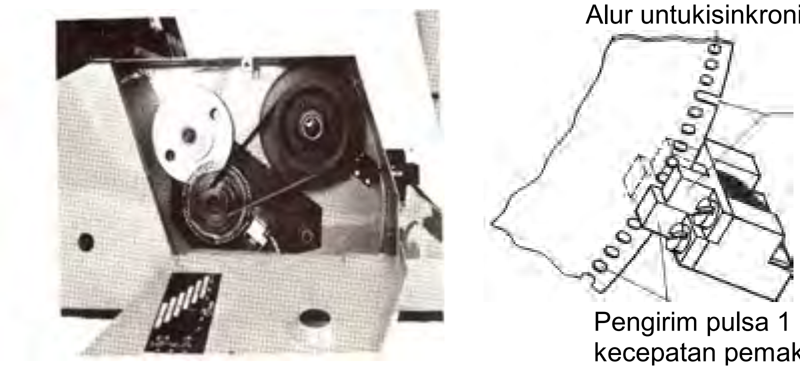
Gambar 6.46 Roda gigi dan transportir

Pada mesin CNC unit didaktik tidak ada hubungan transmisi antara spindel utama dengan transportir, sinkronisasi hanya terjadi lewat CPU (*Central Processing unit*), dengan prinsip kerja sebagai berikut, lihat Gambar 6.47.

Prinsip kerja:

1. Pengirim pulsa 1 mendapatkan informasi jumlah putar-an spindel dari piringan berlubang dan meneruskannya ke CPU. Nilai tusuk ulir segera diubah dan diteruskan ke motor penggerak eretan.
2. Proses penguliran dilakukan beberapa kali hingga kedalaman yang dibutuhkan tercapai sesuai dengan tuntutan standar

Perintah awal dalam pemotong-an ulir adalah di mana sumbu utama harus pada kedudukan sudut tertentu. Posisi sudut tersebut dikirimkan ke CPU melalui alur yang terdapat pada piringan berlunang dengan pengirim pulsa, Gambar. 7.47.

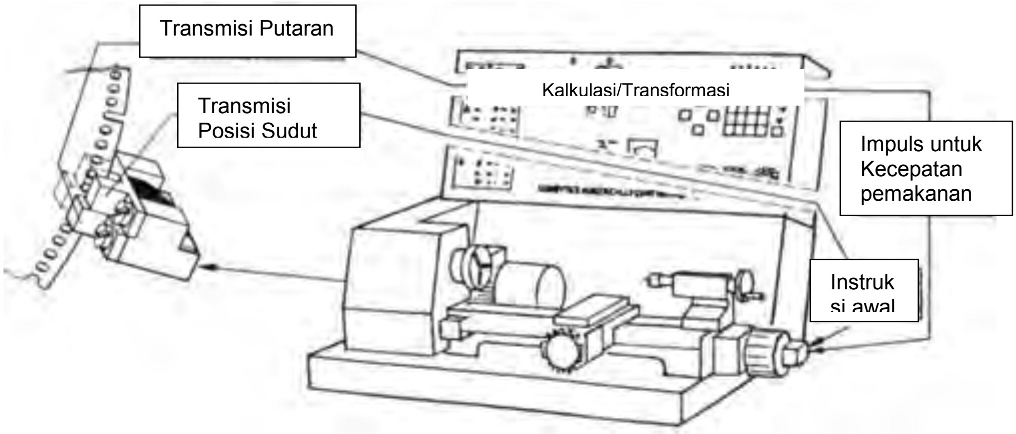



Gambar 6.47 Lemari puli dan piringan berlubang

Ringkasan sinkronisasi:

1). Kecepatan pemakanan dan penguliran dikendalikan melalui piring-an berlubang yang terdapat pada ujung poros transportir.

2). Lubang pada piringan berlubang meneruskan kedudukan sudut sumbu utama yang merupakan perintah awal untuk motor langkah (motor step) eretan memanjang. Dengan demikian pahat bubut ulir akan tetap berada pada posisi yang sama.

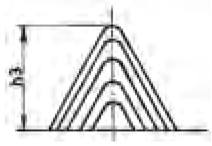



Gambar 6.48 Alur Sinkronisasi

## d) Proses Pemotongan Ulir dengan G33

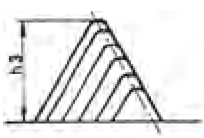
G33 adalah fungsi kerja untuk pemotongan ulir dengan tusuk tetap. Fungsi kerja ini merupakan blok tunggal, artinya hanya berlaku untuk sekali jalan penguliran. Pengaturan kedalaman pemotongan ulir dan penarikan dilakukan dengan fungsi lintasan cepat G00.

Contoh: untuk melakukan pemotongan ulir hingga kedalaman ulir $h_3$, harus dilakukan bebrapa kali pemakanan.




i). Kedalaman pemakanan ulir hanya pada arah sumbu X.

Untuk bahan Aluminium Otomatis (dural)
Kedalaman pemotongan **I** = 0.2 mm
Kedalaman pemotongan **II** = 0.1 mm
Kedalaman pemotongan terakhir = 0.05 mm

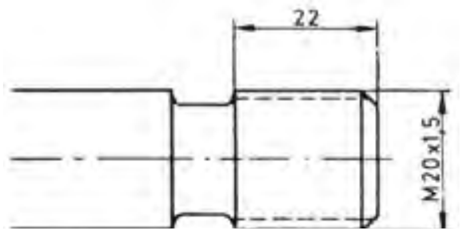



ii). Kedalaman pemakanan ulir arah sumbu X dan sumbu Z.

Gambar 6.49. Jenis pemakanan ulir

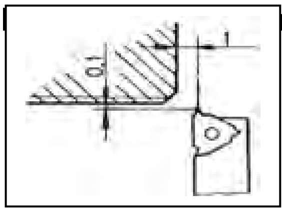
Contoh:

Sebuah ulir metris, M20 x 1.5 akan dikerjakan pada mesin bubut CNC unit didaktik, Susunlah program CNC untuk pemesinan ulir tersebut.




$\propto$ = 60°

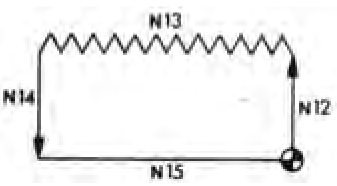
Tusuk (P) = 1.5 mm




Gambar 6.50 Gambar kerja ulir dan setingg awal alat potong ulir

Format blok dalam lembaran program untuk pemotongan ulir:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | .. | .. | ... | ... | | |
| 12 | 00 | –30 | 0 | | | |
| 13 | 33 | | – 2400 | 150 | | |
| 14 | 00 | 30 | 0 | | | |
| 16 | 00 | | 2400 | | | |




Gambar 6.51 Blok penguliran

Arah lintasan program penguliran hasil pemprograman di atas adalah seperti diilustrasikan pada Gambar 6.51

## 6.10 G64 — Pemutusan Arus ke Motor Langkah (Motor Step)

Ketika mesin sakelar utama dihidupkan, mesin telah dialiri arus yang terlihat dari lampu-lampu indikator yang menyala, tetapi motor langkah belum

teraliri/terhubung dengan sumber daya listrik. Aliran listrik akan masuk ke motor langkah, ketika salah satu tombol sumbu (X atau Z) ditekan. Motor langkah yang teraliri sumber daya listrik akan ditunjukkan pada monitor dengan simbol motor. Persoalan selanjutnya adalah ketika motor sudah teraliri arus listrik akan mengkonsumsi arus lebih besar ketika motor step diam, sehingga motor cepat panas. Untuk menghindari hal tersebut, terutama ketika memasukkan atau mengedit program CNC ke atau pada kontrol mesin (MCU/CPU), putuskanlah terlebih dahulu hubungan arus listrik ke motor step. Pemutusan arus listrik ke motor step dapat dilakukan tanpa mematikan sakelar utama, yakni dengan jalan memasukkan G64.

Format blok dalam lembaran program untuk blok pemutus arus (G64):

| **N** | **G (M)** | **X (I)** | **Z (K)** | **F (L)(K)(T)** | **H** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 64 | .. | ... | ... | | |

Prosedur memutus arus ke motor langkah:

i). bila tidak ada program CNC tersimpan;
- Tekan tombol H/C untuk mengaktifkan pelayanan CNC,
- Tekan tombol anak panah (⇒) hingga lampu G menyala,
- Ketikkan kombinasi angka 6 dan 4, lalu tetapkan dengan tombol INP.

ii). bila ada program CNC tersimpan;
- Tekan tombol H/C untuk mengaktifkan pelayanan CNC,
- Tekan tombol anak panah (⇒) hingga lampu G menyala, bila pada alamat G terdapat kombinasi angka, tekan tombol DEL, lalu
- Ketikkan kombinasi angka 6 dan 4, lalu tetapkan dengan tombol INP.

G64 adalah perintah pengatur murni yang tidak akan tersimpan dalam EPROM (*Eraseble Program Read Only Memory*). Oleh karena itu, fungsi kerja atau fungsi bantu yang tadinya di hapus dengan tombol DEL, tidak akan hilang atau akan tertayang kembali setelah kombinasi angka 6 dan 4 ditetapkan dengan tombol INP.

## 6.11 G65 — Pelayanan Kaset atau Diket

G65 ini berfungsi untuk menyimpan program CNC ke dalam kaset digital atau memanggil (memuat) program CNC dari kaset digital atau disket ke kontrol mesin. Sebagaimana G64 adalah perintah murni yang tidak akan terekam ke dalam program CNC, demikian juga halnya dengan G65. Prosedur pengaktifan G65 ini adalah sebagai berikut:

i). Pemuatan (Loading)

- Pada alamat G, ketikkan kombinasi angka 6 dan 5, lalu tetapkan dengan tombol INP, sehingga akan tertayang huruf **C**.
- Tekan kembali tombol INP, akan tertayang huruf lainnya, yaitu huruf **P (**singkatan dari Program**)**.
- Selanjutnya, tekan satu atau dua angka sebagai nomor program CNC yang akan dimuat ke kontrol mesin, lalu tetapkan dengan menekan tombol INP.
- Program akan dengan nomor yang dimasukkan akan dicari, dan akan dimuat ke kontrol mesin, sementara pemuatan akan berlangsung, LO (singkatan dari Load) akan tertayang pada panel sajian.
- Setelah program CNC termuat, pada panel sajian akan tertayang N00.

ii). Penyimpanan (SAVE / CHECK)

- Pada alamat G, ketikkan kombinasi angka 6 dan 5, lalu tetapkan dengan tombol INP, sehingga akan tertayang huruf **C**.
- Selaanjutnya tekan kembali tombol FWD, akan tertayang huruf lainnya, yaitu huruf **P**.
- Selanjutnya, tekan satu atau dua angka sebagai nomor program CNC yang akan disimpan ke kaset digital atau disket, lalu tetapkan dengan menekan tombol INP.
- Ruang kosong dalam kaset atau disket akan dicari, dan akan menyimpan program CNC ke dalam kaset digital atau disket,

sementara pemuatan berlangsung, SA (singkatan dari Save) akan tertayang pada panel sajian, berikutnya akan tertayang huruf CH (singkatan dari Check) untuk membandingkan kesesuaian program CNC yang tersimpan dalam kaset digital atau disket dengan program yang ada dalam kontrol mesin.

- Setelah program CNC tersimpan, pada panel sajian akan tertayang N00 dan program tersimpan.

iii). Menghapus Kaset

- Pada alamat G, ketikkan kombinasi angka 6 dan 5, lalu tetapkan dengan tombol INP
- Lalau secara bersamaan tekan tombol ⇒ + **DEL**. Pada panel sajian akan tertayang C Er. (C = Cassette, dan Er = Erase). Selanjutnya, bila program CNC telah terhapus, pada panel akan tersaji N00.

## 6.12 G66 — Pelayanan Antar Aparat RS 232

Sebagaimana G64 dan G65, G66 ini adalah merupakan perintah murni yang berfungsi untuk pelayanan antar aparat.

Konsumsi arus pelayanan antar aparat ini adalah 24 V dengan daya 20 mA.

RS – 232 adalah suatu fasilitas antar aparat berstandar internasional, yang berfungsi untuk memasukkan dan mengeluarkan informasi. Lewat fasilitas antar aparat ini informasi (data) dapat ditransfer ke fasilitas lainnya yang juga sama memiliki fasilitas antar aparat RS – 232. Informasi (data) dimaksud dikirim melalui suatu jaringan kabel penghubung, dengan contoh-contoh seperti berikut:

- Dapat berhubungan dengan komputer,
- Dapat berhubungan dengan mesin cetak
- Dapat berhubungan dengan Kontrol mesin CNC, dan

- Dapat berhubungan dengan pembaca pita berlubang dan pelubang pita.

Adapun prosedur pengiriman data (informasi) dengan RS – 232 ini adalah sebagai berikut:

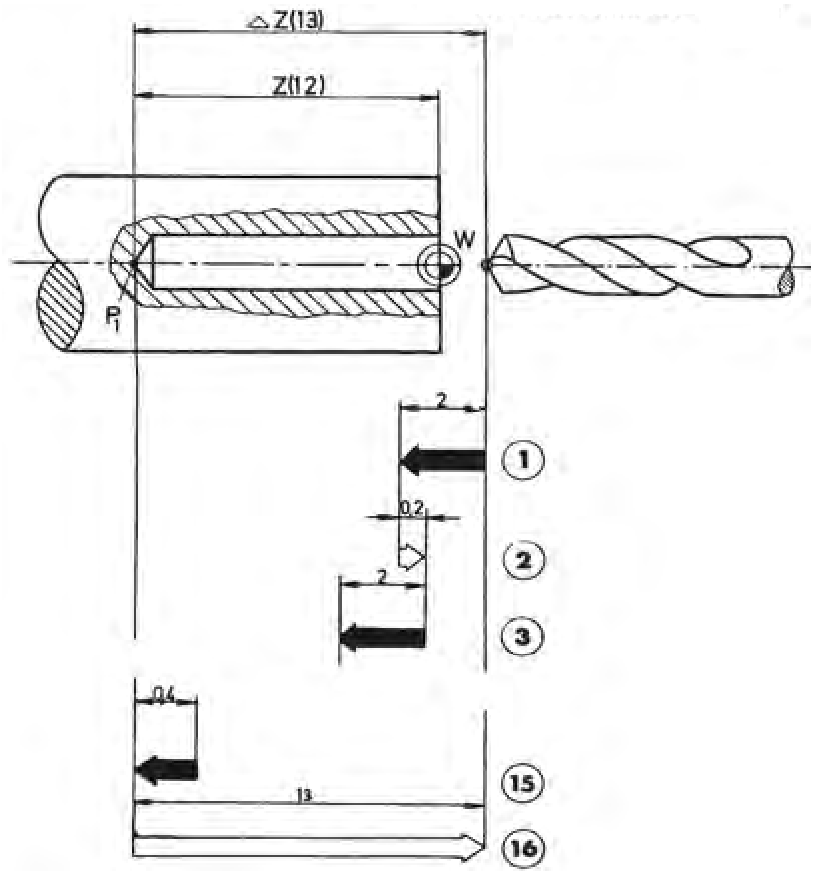
i). Pengiriman dari pita berlubang ke memori:
  a). Aktifkan pelayanan CNC
  b). Pasang pita berlubang, lalu pembaca pita berlubang akan dimulai.
  c). Aktifkan G66 dan tetapkan dengan menekan tombol INP, pada panel sajian akan tertayang huruf A (A = ASCII, yang merupakan Standar kode Amerika untuk pertukaran informasi
  d). Tekan kembali tombol INP, sehingga pada panel sajian akan tertayang 2 huruf lainnya, yaitu LO (LO = Load).
  e). Informasi (data) program terkirim, dan pada akhir pengiriman program akan tampil sajian N00.

ii). Pengiriman dari pita berlubang ke mesin:
  a). Pasang pita berlubang
  b). Aktifkan pelayanan CNC,
  c). Aktifkan G66 dan tetapkan dengan menekan tombol INP, pada panel sajian akan tertayang huruf A
  d). Tekan kembali tombol INP, sehingga pada panel sajian akan tertayang 2 huruf lainnya, yaitu LO (LO = Load).
  e). Tekan tombol RUN yang terdapat pada fasilitas pembaca pita berlubang, sehingga program terkirim dan terekam.

## 6.13 G73 — Siklus Pemboran dengan Pemutusan Tatal

Siklus dalam pemesinan dengan teknologi CNC adalah salah satu proses pemesinan lengkap dengan gerakan maju dan mundur (mencakup dua atau empat blok). Pemesinan akan dilakukan mulai dari titik awal pemakanan

sampai kedalaman yang ditetapkan sampai dengan mundur kembali ke titik awal pemakanan tadi, lihat ilustrasi pada Gambar 6.53




Gambar 6.53 Iilustrasi pemboran dengan G73

Format blok dalam lembaran program G73:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | | | | | | Berlaku baik untuk Absolut maupun inkremental |
| ... | **73** | | ±... | **F ...** | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | | |

Urutan gerakan berdasarkan Gambar 6.53

a. Gerakan maju arah Z -2 mm dilakukan dengan G01

b. Gerakan mundur arah Z 0.2 mm dilakukan dengan G00

c. Gerakan maju arah Z -2 mm dari gerakan balik dengan G01
d. Demikian seterusnya sampai kedalaman terprogram (13 mm)
e. Gerakan mundur ke titik awal dilakukan dengan G00

Pemprograman absolut:

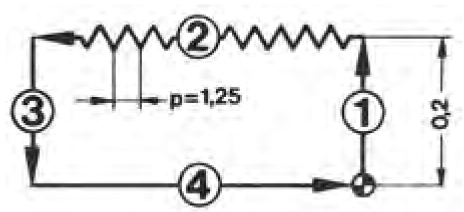
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 73 | | – 1200 | F50 | | |

Pemprograman Inkremental:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 73 | | – 1300 | F50 | | |

## 6.14 G78 — Siklus Penguliran

Siklus dalam penguliran dengan CNC mencakup empat lintasan dalam satu blok, seperti dilustrasikan dalam Gambar 6.54




Gambar 6.54 Ilustrasi siklus penguliran

Keterangan langkah kerja:

1). Alamat X diisi degan kedalaman ulir $h_3$.
2). Alamat Z diisi dengan panjangnya ulir
Alamat K diisi dengan tusuk ulir (1/100 mm)
Alamat H diisi dengan pembagian pemotongan (1/100 mm)

3) dan 4). Langkah pengembalian pa-hat ulir ke titik awal, yang dilakukan secara otomatis.

Format blok dalam lembaran program untuk G78:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 78 | ± ... | ± ... | K ... | H ... | |

Program CNC berdasarkan Gambar 6.54

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 78 | –20 | ± ... | K 125 | H 0 | 1 siklus |

Pola Pemprograman:

X,Z ... Koordinat titik P1

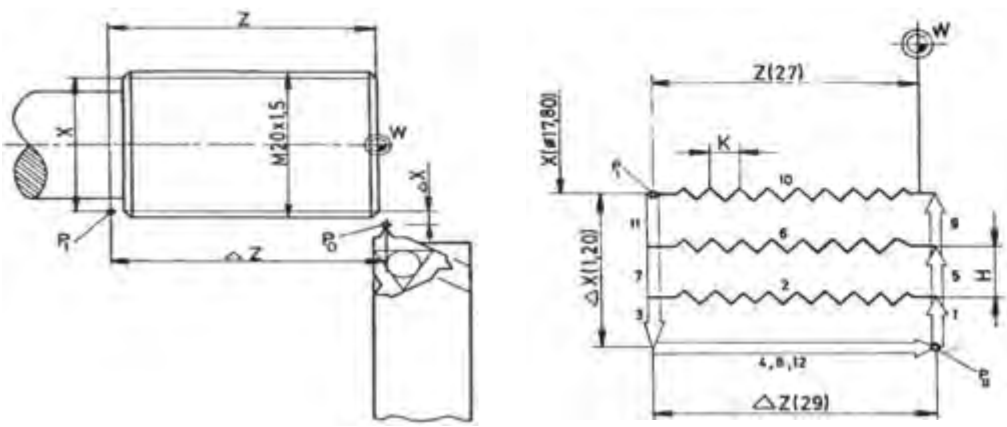
K ... Tusuk ulir 2 – 499 (1/100 mm)

H ... pembagian dalamnya pemotongan

H = 0 tanpa tahapan kedalaman pemotongan

H > 0 ada tahapan kedalaman pemotongan

H > X ... akan muncul alaram 15




Gerakan dengan G00

Pemotongan ulir

Gambar 6.55 Ilustrasi lintasan penguliran dengan G78

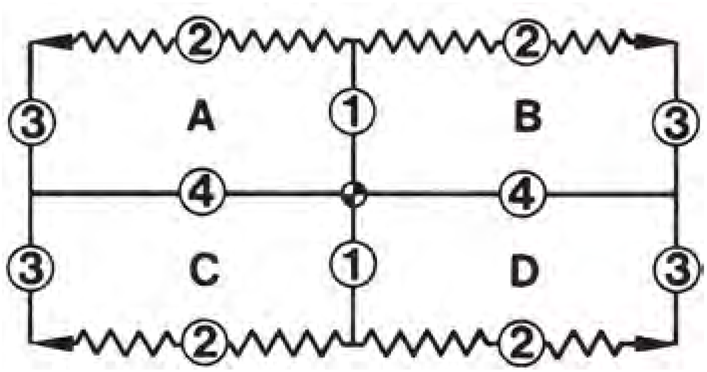
Pemprogramaman berdasarkan Gambar 6.55, dengan meoda absolut:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 78 | 1780 | –2700 | K 150 | H 25 | |

Pemprograman sesuai gambar 9.11, dengan meoda inkremental:

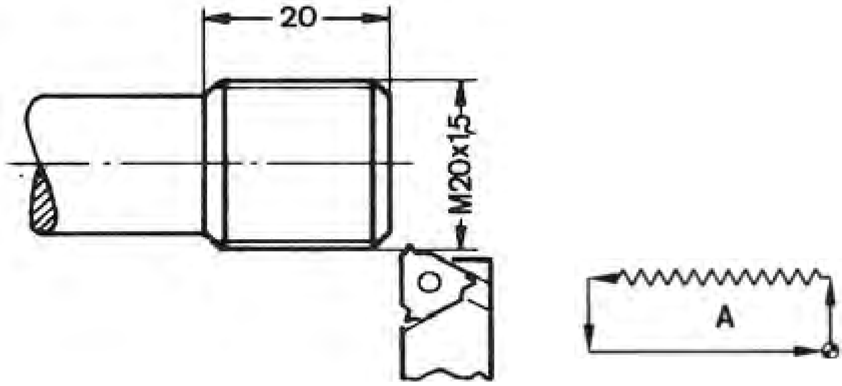
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 78 | –120 | –2900 | K 150 | H 25 | |

Peluang pembubutan ulir dengan fungsi siklus – G78 yang dapat dilakukan pada mesin bubut CNC adalah seperti diilustrasikan pada Gambar 6.56




Gambar 6.56 Peluang pembu butan ulir dengan G78

Sesuai dengan Gambar 6.56, bagian A adalah pembubutan ulir kanan, dan dapat diilustrasikan seperti terlihat pada Gambar 6.57

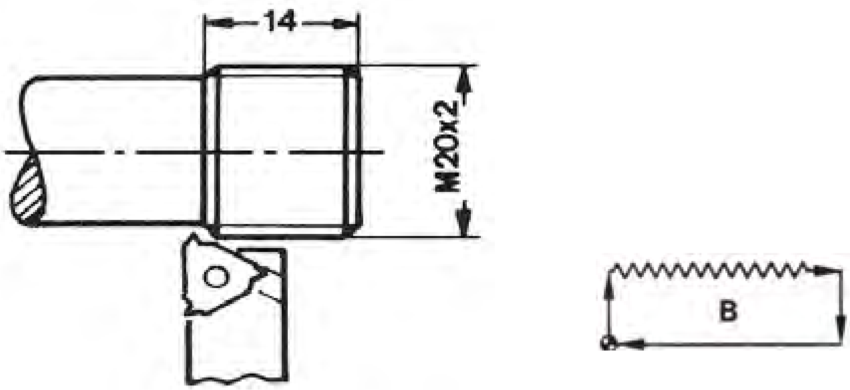



Gambar 6.57 Ilustrasi penguliran ulir kanan denan G78

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.57,

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | **78** | **–20** | **–2200** | **K 150** | **H 0** | |

Gambar 6.56, bagian B adalah pembubutan ulir kiri, dan diilustrasikan seperti terlihat pada Gambar 6.58

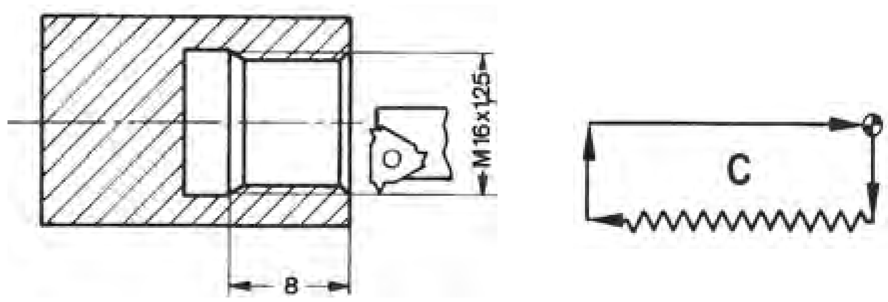



Gambar 6.58 ilustrasi penguliran ulir kiri denan G78

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.58,

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | **78** | **–20** | **1600** | **K 150** | **H 0** | |

Gambar 6.56, bagian C adalah pembubutan ulir kiri, dan diilustrasikan seperti terlihat pada Gambar 6.59

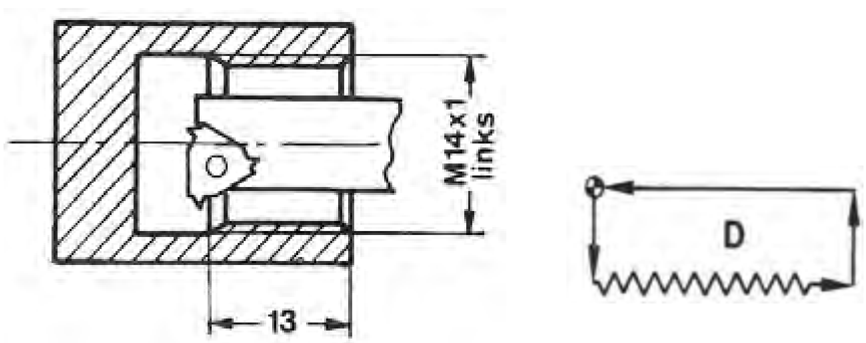



Gambar 6.59 Ilustrasi penguliran ulir dalam kanan denan G78

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.59,

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | **78** | **20** | **–1600** | **K 125** | **H 0** | |

Gambar 6.56, bagian D adalah pembubutan ulir kiri, dan diilustrasikan seperti terlihat pada Gambar 6.60




Gambar 6.60 Ilustrasi penguliran ulir dalam kiri denan G78

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.60,

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | **78** | **20** | **1500** | **K 100** | **H 0** | |

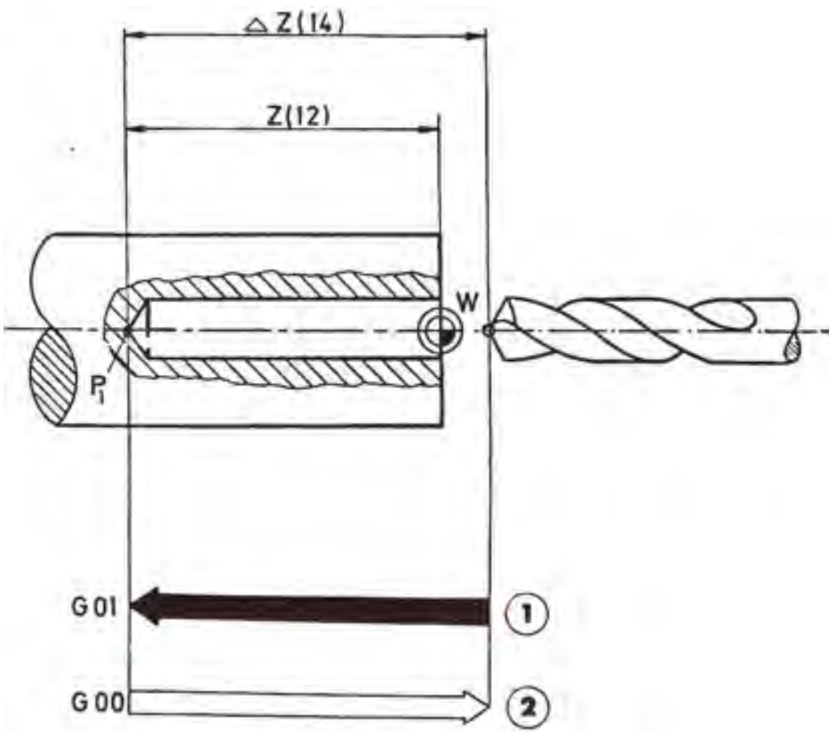
**Posisi Pahat pada Awal Siklus Penguliran**

i). Pilih titik nol siklus sedemikian rupa, sehingga ada jarak dari keliling permukaan ujung benda kerja.

ii). Titik nol siklus, jangan terletak pada keliling permukaan ujung benda kerja, agar ketika pahat kembali, puncak mata pahat ulir tidak menggores permukaan puncak mata ulir. Oleh karena itu, titik nol siklus harus diatur pada jarak 0.1 mm arah sumbu +X.

## 6.15 G81 — Siklus Pemboran

Siklus pemboran dengan G81 merupakan pemboran dari titik awal siklus menuju ke kedalaman lubang bor, hingga kembali ke titik awal pemboran, seperti diilustrasikan dalam Gambar 6.61.




Gambar 6.61 Ilustrasi pemboran dengan G81

Pemprograman:

Z ... = nilai koordinat pada titik $P_1$ (1/100 mm), baik untuk absolut maupun inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

Urutan gerakan: a. Gerakan menuju target $P_1$ dengan G01

b. Gerakan kembali ke titik awal siklus dengan G00.

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.61, metoda Absolut :

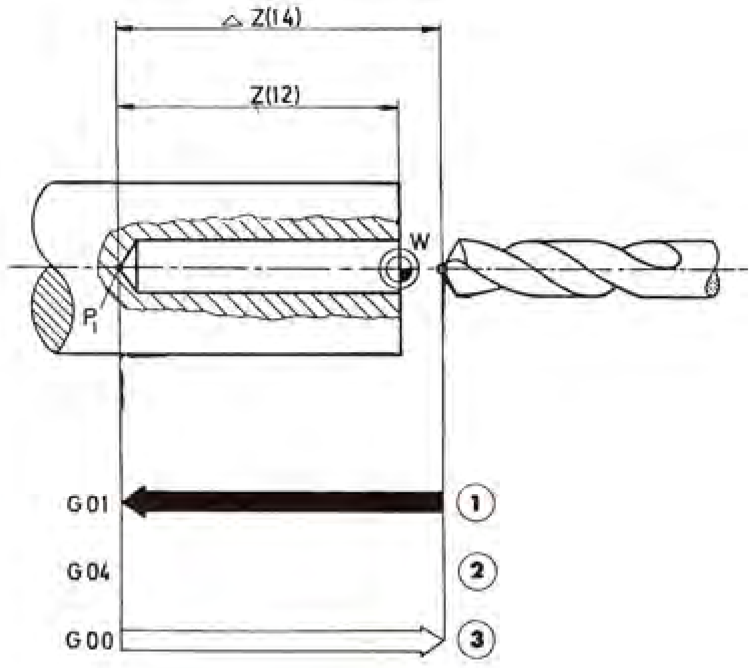
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 81 | | –1200 | F50 | | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.61, metoda Inkremental:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 81 | | –1400 | F50 | | |

### 6.16 G82 — Siklus Pemboran Dengan Tinggal Diam

Siklus pemboran dengan program tinggal diam — G82 merupakan pemboran dari titik awal siklus menuju ke kedalaman lubang bor, lalu diam sesaat untuk memutuskan bersih tatal (G04), lalu mundur kembali ke titik awal pemboran, seperti diilustrasikan dalam Gambar 6.62.




Gambar 6.62 Ilustrasi pemboran dengan tinggal diam G82

Pemprograman:

Z ... = nilai koordinat pada titik $P_1$ (1/100 mm), baik untuk absolut maupun inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

Urutan gerakan: a. Gerakan menuju target $P_1$ dengan G01

b. Waktu tinggal diam 0.5 detik — G04

c. Gerakan kembali ke titik awal siklus dengan G00.

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.62, metoda Absolut :

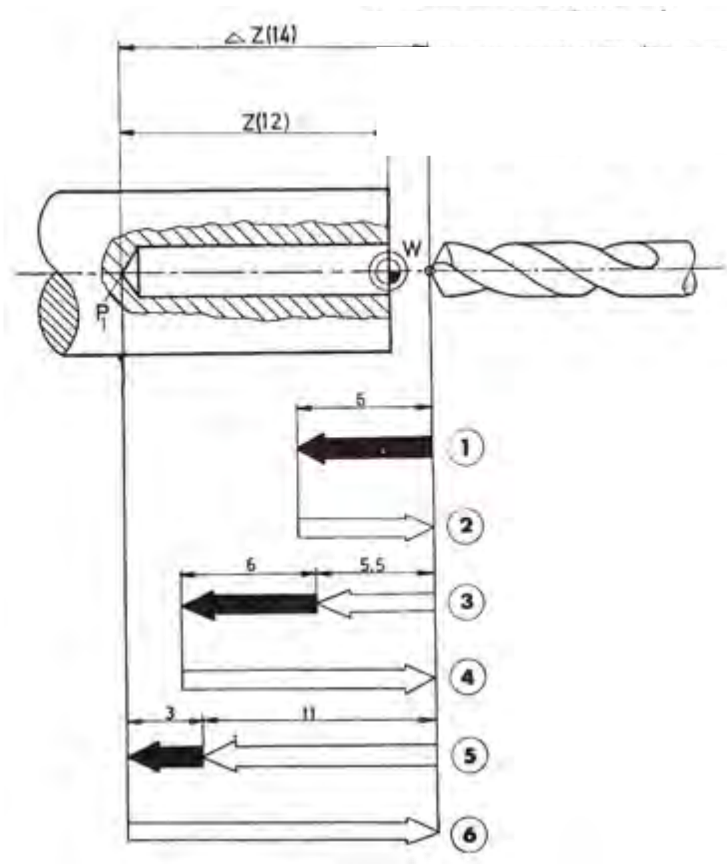
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 81 | | –1200 | F50 | | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.62, metoda Inkremental:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 81 | | –1400 | F50 | | |

## 6.17 G83 — Siklus Pemboran Dengan Program Penarikan

Siklus pemboran dengan program penarikan — G83 merupakan pemboran dari titik awal siklus menuju ke kedalaman lubang sampai dengan 6 mm, lalu mundur 5.5 mm, demikian seterusnya hingga tercapai titik target P1, lalu mundur kembali ke titik awal pemboran, seperti diilustrasikan dalam Gambar 6.63.




Gambar 6.63 Ilustrasi pemboran dengan tinggal diam G82

Pemprograman:

Z ... = nilai koordinat pada titik $P_1$ (1/100 mm), baik untuk absolut maupun inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

Urutan gerakan:
a. Gerakan menuju target $P_1$ dengan G01
b. Waktu tinggal diam 0.5 detik — G04
c. Gerakan kembali ke titik awal siklus dengan G00.

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.63, metoda Absolut :

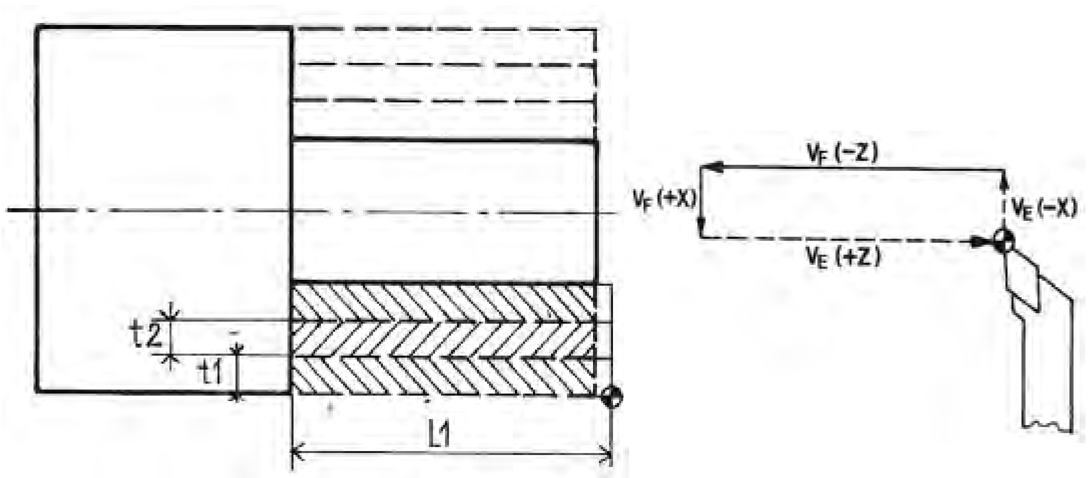
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 81 | | –1200 | F50 | | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.63, metoda Inkremental:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 81 | | –1400 | F50 | | |

## 6.18 G84 — Siklus Pembubutan Memanjang

Siklus pembubutan memanjang — G84 merupakan pembubutan dari titik awal siklus menuju titik target P, lalu mundur kembali secara otomatis ke titik awal pembubutan atau disebut dengan gerakan pahat tertutup, seperti diilustrasikan dalam Gambar 6.64.




Gambar 6.64 Ilustrasi pembubutan memanjang — G84

Jika pada mesin bubut konvensional, kedalaman pemotongan $t_1$ dilakukan dengan memajukan eretan melintang, lalu untuk memotong benda kerja sepanjang $L_1$, dilakukan dengan menggerakkan eretan memanjang, lalu memundurkan eretan melintang sejauh nilai $t_1$, lalu mundur lagi ke posisi awal dengan menggerakkan eretan memanjang. Demikian seterusnya dilakukan hingga kedalaman yang diinginkan tercapai.

Pola gerakan demikian juga berlaku pada mesin CNC, dan dilakukan dengan G84, dimana
$V_F$ = kecepatan pemakanan terprogram (2 – 400 mm/min.) dan
$V_E$ = Kecepatan lintas maksimum (700 mm/min)

Pemprograman:

X ... = nilai koordinat pada X (1/100 mm), baik untuk absolut maupun inkremental.

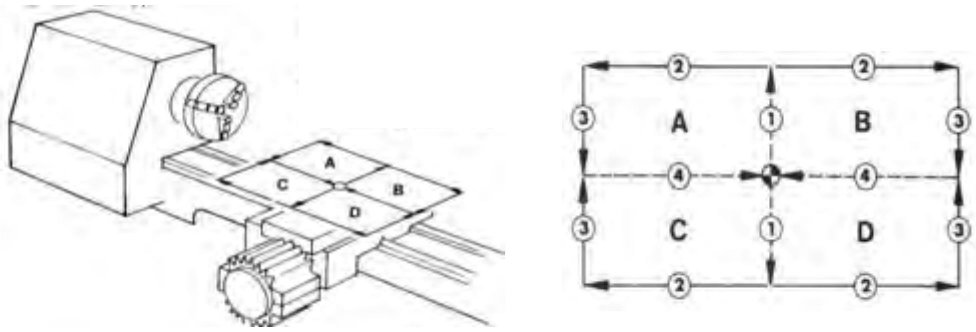
Z ... = nilai koordinat pada Z (1/100 mm), baik untuk absolut maupun inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

H ... = Tahapan kedalaman pemotongan

Jika H = 0, berarti tidak ada tahapan kedalaman pemotongan
H > nilai koordinat X, akan muncul Alaram 15

Urutan gerakan:
a. Gerakan pertama dan keempat adalah lintasan maksimum (G00)
b. Gerakan kedua dan ketiga adalah gerakan dengan kecepatan pemakanan terprogram (G01), lihat ilustrasi pada Gambar 6.65.




- - - → dengan lintasan maksimum (700 mm/min)

——→ dengan kecepatan terprogram (2 – 400 mm/min)

Gambar 6.65 Ilustrasi pembubutan memanjang — G84, dalam empat arah

Kemungkinan Kemungkinan penggunaan G84:

a). Kemungkinan siklus A — Bubut luar dari kanan ke kiri

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 84 | X –... | Z –... | F... | H... | |

b). Kemungkinan siklus B — Bubut luar dari kiri ke kanan

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 84 | X –... | Z+... | F... | H... | |

c). Kemungkinan siklus C — Bubut dalam dari kanan ke kiri

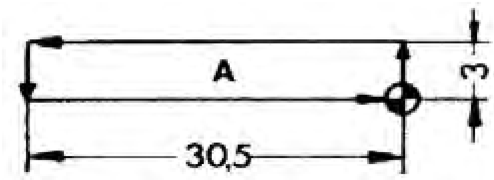
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 84 | X +... | Z–... | F... | H... | |

d). Kemungkinan siklus D — Bubut dalam dari kiri ke kanan

Jarang digunakan:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 84 | X +... | Z+... | F... | H... | |

Contoh 1: Pembubutan siklus — G84 berdasarkan kemungkinan A (bubut rata dari kanan ke kiri);




Gambar 6.66 Ilustrasi Lintasan bubut rata dari kanan ke kiri

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.66,:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 84 | –300 | –3050 | F100 | 0 | |

H = 0 → Pemotongan langsung, tanpa tahapan kedalaman pemotongan.

Contoh 2: Benda kerja dengan posisi puncak mata alat potong (pahat) seperti terlihat pada Gambar 6.67, akan dibubut untuk membuat poros bertingkat. Siklus harus mulai dari titik A.

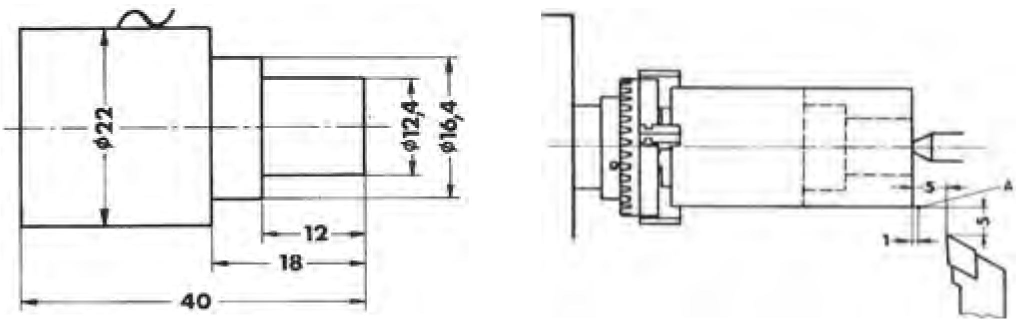
Bahan benda kerja : Dural ∅ 22 mm.

Jumlah putaran spindel : 2000 rpm

Kecepatan pemakanan : 100 mm/min.

Maksimum dalamnya pemotongan : 1 mm

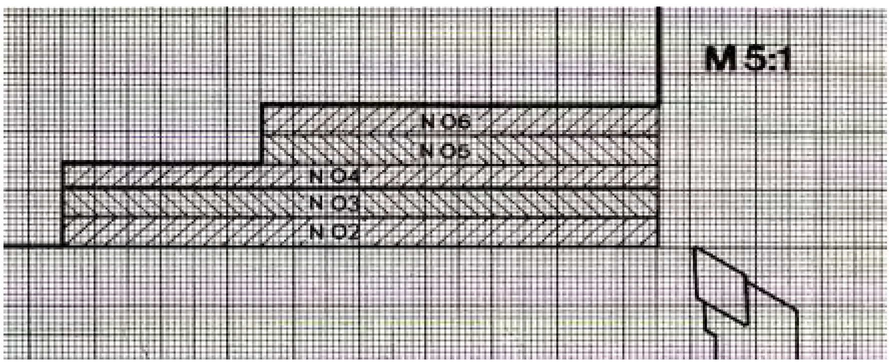
Susunlah program CNC untuk mengerjakan benda kerja tersebut, gunakan fungsi kerja siklus G84!




Gambar 6.67 Poros bertingkat

Susunan Program CNC: (Lihat Gambar 6.67) — Inkremental

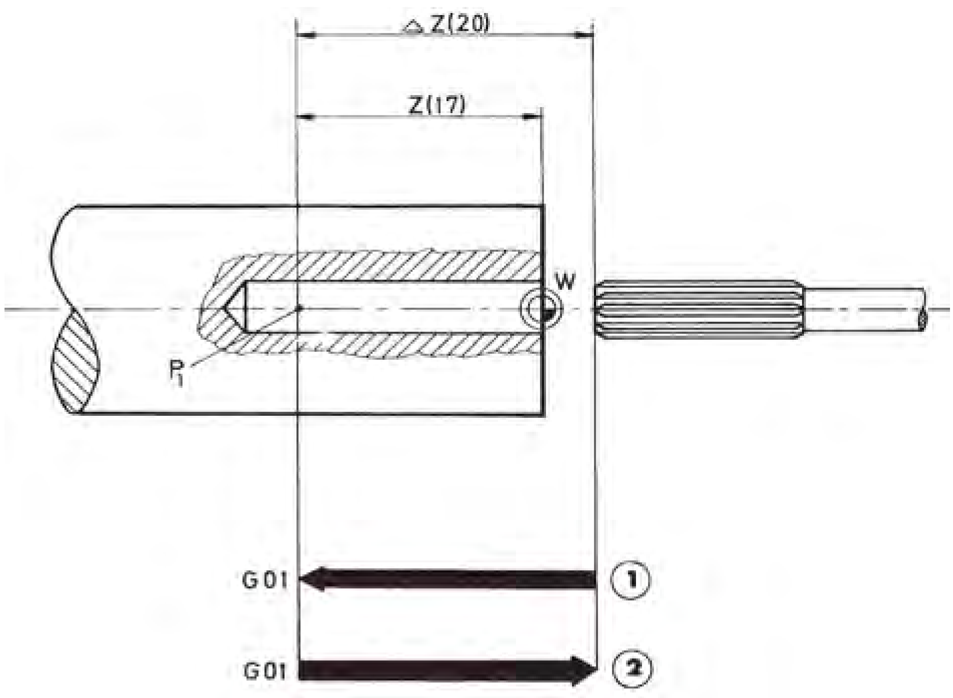
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | –500 | 0 | | | |
| 01 | | 0 | –400 | | | |
| 02 | 84 | –100 | –1900 | F100 | 0 | |
| 03 | 84 | –200 | –1900 | F100 | 0 | |
| 04 | 84 | –280 | –1900 | F100 | 0 | |
| 05 | 84 | –380 | –1300 | F100 | 0 | |
| 06 | 84 | –480 | –1300 | F100 | 0 | |
| 07 | 00 | 500 | 400 | | | |
| 08 | M30 | | | | | |
| | | | | | | |




Gambar 6.68 Ilustrasi tahapan pembubutan dengan G84

## 6.19 G85 — Siklus Perimeran (Peluasan Lubang)

Siklus perimeran — G85 merupakan peluasan lubang tertutup, artinya gerak peluasan dimulai dari titik awal siklus menuju titik target $P_1$, lalu mundur kembali secara otomatis ke titik awal peluasan, seperti diilustrasikan dalam Gambar 6.69.




Gambar 6.69 Ilustrasi Peluasan lubang (Perimeran) — G85

Pola atau urutan gerakan perimeran adalah sebagai berikut:

1. Gerak maju dengan G01, kecepatan pemakanan terprogram, dan
2. Gerak mundur dengan G01 juga.

Pemprograman:

Z ... = nilai koordinat pada $ZP_1$ (1/100 mm), berlaku untuk absolut dan inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.69, metoda Absolut :

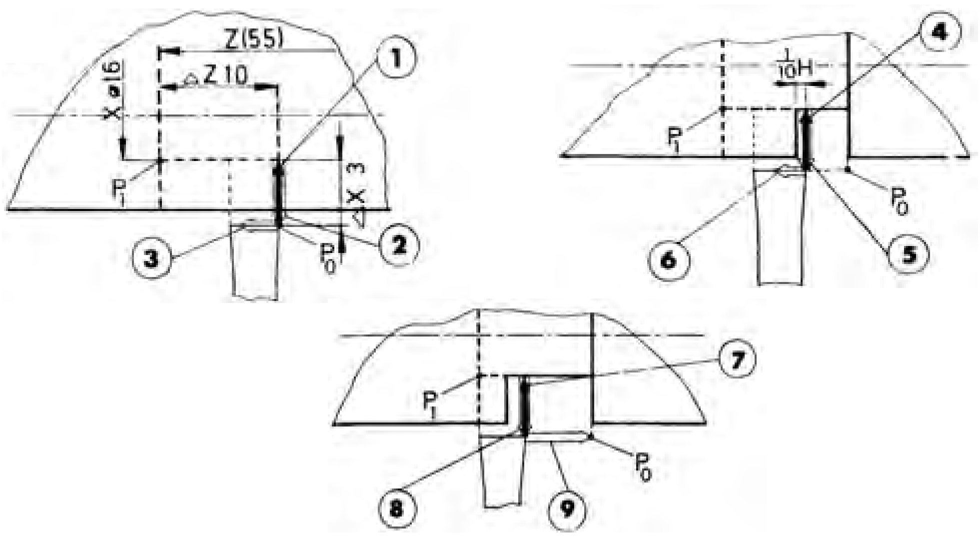
| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 85 | | –1700 | F50 | | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.69, metoda Inkremental:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 85 | | –2000 | F50 | | |

### 6.20 G86 — Siklus Pengaluran

Siklus pengaluran — G86 merupakan pembuatan alur dengan gerak tertutup, artinya gerak pengaluran dimulai dari titik awal siklus ($P_0$) menuju titik target ($P_1$), lalu mundur kembali secara otomatis ke titik awal ($P_0$), seperti diilustrasikan dalam Gambar 6.70.




Gambar 6.70 Ilustrasi Pengaluran — G86

Urutan gerakan perimeran adalah sebagai berikut, lihat Gambar 6.70:

1). Gerak maju dengan G01, pada sumbu X,

2). Gerak mundur dengan G00, pada sumbu X.

3). Gerak maju dengan G00, pada sumbu Z.

4). Gerak maju dengan G01, pada sumbu X

5). Gerak mundur dengan G00, pada sumbu X.

6). Gerak maju dengan G00, pada sumbu Z.

7). Gerak maju dengan G01, pada sumbu X

8). Gerak mundur dengan G00, pada sumbu X.

9). Gerak maju dengan G00, pada sumbu Z.

Pemprograman:

X,Z ... = nilai koordinat titik sudut pada $P_1$ (1/100 mm), berlaku untuk absolut dan inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

H ... = Lebar pahat alur (1/100 mm)

= 10 – 999.

Jika H > X → akan alaram (A15)

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.70, metoda Absolut :

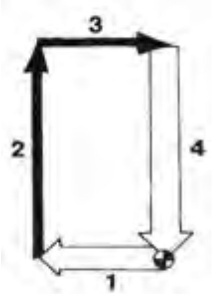
| **N** | **G (M)** | **X (I)** | **Z (K)** | **F (L)(K)(T)** | **H** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 86 | 1600 | –5500 | F30 | H400 | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.70, metoda Inkremental:

| **N** | **G (M)** | **X (I)** | **Z (K)** | **F (L)(K)(T)** | **H** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 86 | –300 | –1000 | F30 | H400 | |

## 6.21 G88 — Siklus Pembubutan melintang

Siklus pembubutan melintang — G88 merupakan pembubutan arah sumbu X secara tertutup (siklus), di mana dalam satu blok terdapat empat langkah, dengan kecepatan seperti dilustrasukab dalam Gambar 6.71.




Kecepatan keempat langkah dimaksud di atas adalah sebagai berikut:

1). Lintasan maksimum
2). Kecepatan pemakanan terprogram
3). Kecepatan pemakanan terprogram
4). Lintasan maksimum

Gambar 6.71 Empat arah lintasan G88

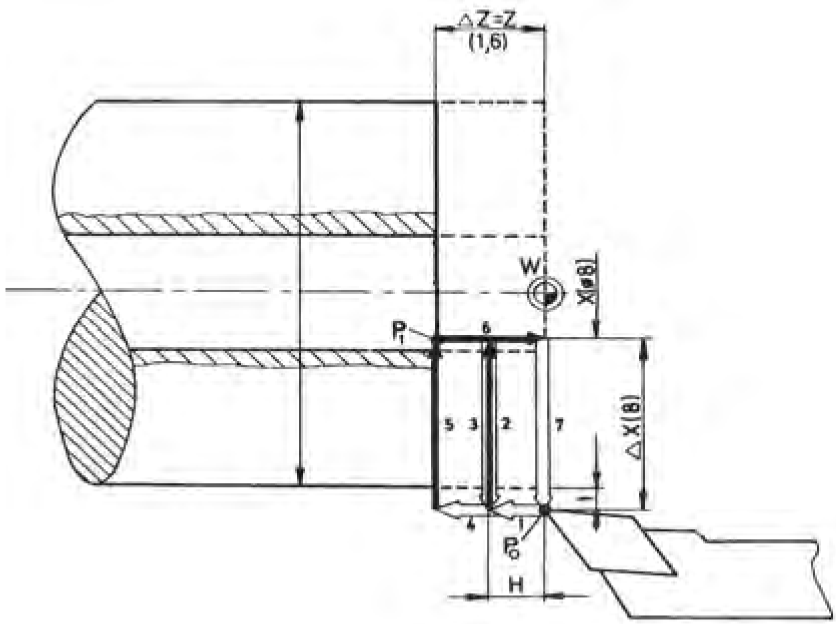
Pemprograman:

X,Z ... = nilai koordinat titik sudut pada $P_1$ (1/100 mm), berlaku untuk absolut dan inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

H ... = Lebar pahat alur (1/100 mm)
= 10 – 999,

Jika H > Z → akan alaram (A15)




Gambar 6.72 Ilustrasi bubut melintang

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.72, metoda Absolut :

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 88 | 800 | –160 | F80 | H60 | |

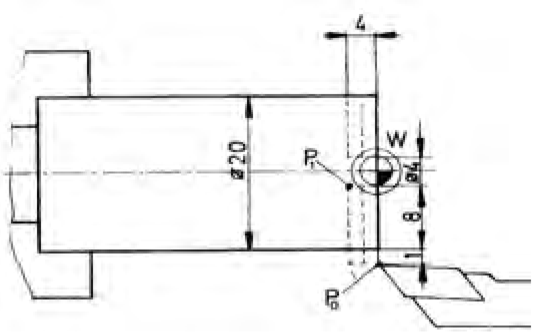
Pemprograman berdasarkan Gambar 6.72, metoda Inkremental:

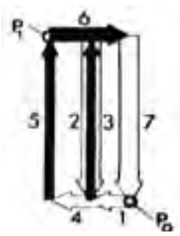
| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 88 | –800 | –160 | F80 | H60 | |

Kemungkinan Penggunaan G88:

Berdasarkan kedudukan titik awal dan diagonal titik masing-masing sudut, Siklus pembubutan melintang (G88) ada empat kemungkinan penggunaan-nya, yakni:

**Kemungkinan A**:



Urutan gerakan

Gambar 6.73 Pola pembubutabn melintang – G88 – I

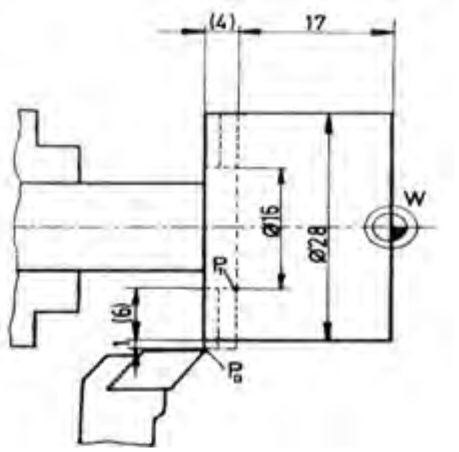
Pemprograman berdasarkan Gambar 6.73, metoda Absolut :

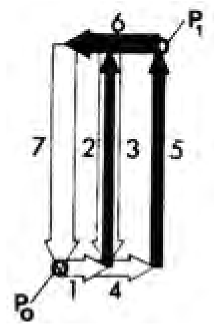
| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 00 | 2200 | 0 | | | |
| ... | 88 | 400 | –400 | F... | H... | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.73, metoda Inkremental:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 88 | –900 | –400 | F... | H... | |

**Kemungkinan B**:



Urutan Gerakan

Gambar 6.74 Pola pembubutabn melintang – G88 – II

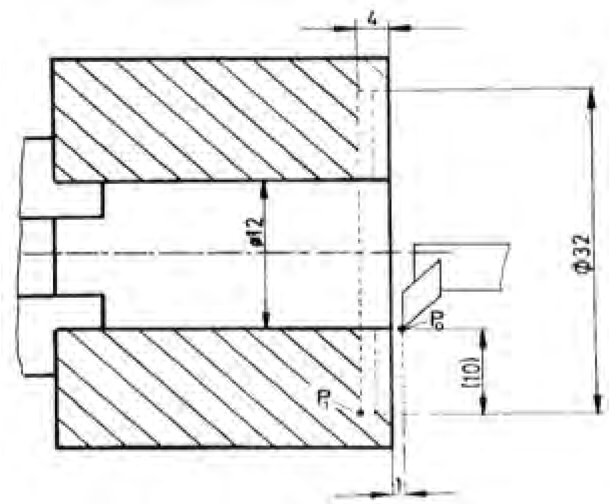
Pemprograman berdasarkan Gambar 6.74, metoda Absolut :

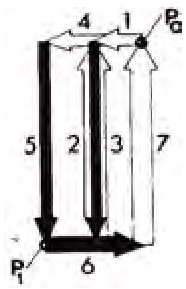
| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 00 | 3000 | –2100 | | | |
| ... | 88 | 1600 | –1700 | F... | H... | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.74, metoda absolut:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 88 | –700 | 400 | F... | H... | |

**Kemungkinan C**:




Urutan Gerakan

Gambar 6.75 Pola pembubutabn melintang – G88 – III

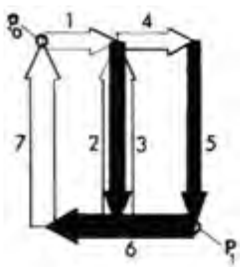
Pemprograman berdasarkan Gambar 6.75, metoda Absolut :

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 00 | 1200 | 100 | | | |
| ... | 88 | 3200 | –400 | F... | H... | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.75, metoda Inkremental:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) | Z<br>(K) | F<br>(L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 88 | 1000 | –400 | F... | H... | |

**Kemungkinan D**:



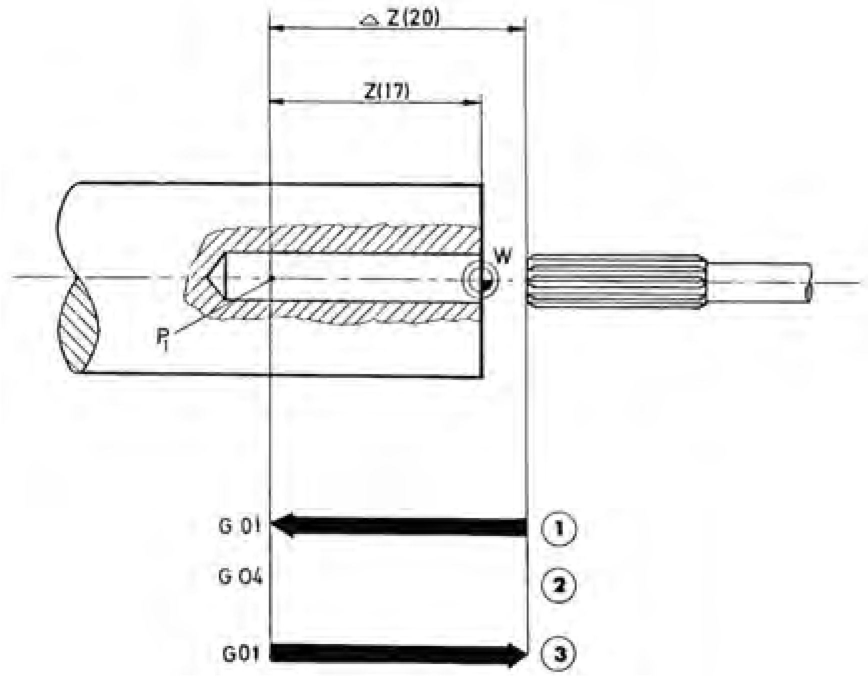

Pola dengan kemungkinan IV ini sangat jarang digunakan

Untuk pembubutan melintang ini, apabila H diprogram = 0, maka tidak ada tahapan pemotongan, dengan kata lain langsung ke kedalaman yang diprogram.

Gambar 6.76 Pola pembubutan melintang – G88 – IV 0 Jarang digunakan

## 6.22 G89 — Siklus Perimeran dengan tinggal diam

Siklus perimeran dengan tinggal diam — G89 merupakan peluasan lubang dengan gerak tertutup, artinya gerak peluasan dimulai dari titik awal siklus menuju titik target $P_1$, lalu diam sesaat (G04), kemudian mundur kembali secara otomatis ke titik awal peluasan, lihat Gambar 6.77.




Gambar 6.77 Ilustrasi Peluasan lubang (Perimeran) — G89

Pola atau urutan gerakan perimeran adalah sebagai berikut:

1. Gerak maju dengan G01, kecepatan pemakanan terprogram,
2. Tinggal diam 0.5 detik (G04), lalu
2. Gerak mundur dengan G01.

Pemprograman:

Z ... = nilai koordinat pada $ZP_1$ (1/100 mm), berlaku untuk absolut dan inkremental.

F ... = kecepatan pemakanan (mm/min) atau (mm/put)

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.77, metoda Absolut :

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 89 | | –1700 | F50 | | |

Pemprograman berdasarkan Gambar 6.77, metoda Inkremental:

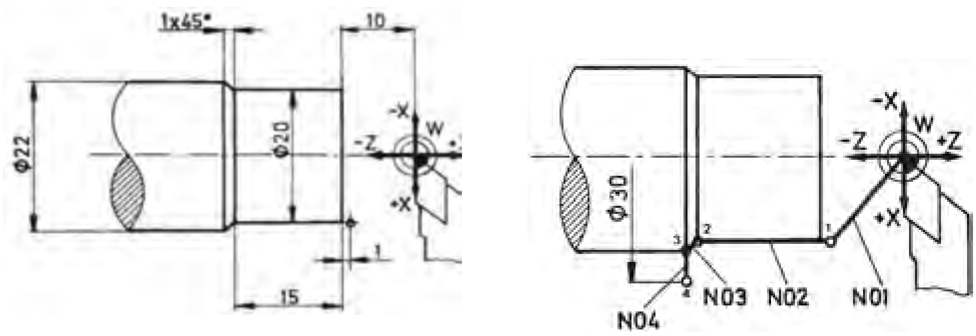
| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 85 | | –2000 | F50 | | |

## 6.23 G90 — Pemprogramaan Nilai Absolut

Dengan menggunakan metoda Absolut, maka semua ukuran dihitung dalam nilai absolut, artinya hanya terdapat satu titik datum atau titik referensi. Pada metoda Absolu dengan G90 ini, koordinat awalnya adalah posisi pertama dari eretan atau posisi puncak mata alat potong, di mana nilai X dihitung secara diameteral, jika pada blok sebelumnya tidak diprogram G24. Untuk penetapan koordinat awalnya (titik nol benda kerja) pada mesisn CNC unit didaktik praktis menggunakan G92.

G90 ini hanya dapat dibatalkan dengan G91 (inkremental).

Contoh:




Gambar 6.78 Ilustrasi Benda kerja dengan titik nol — G90 - Absolut

Susunan Program CNC berdasarkan Gambar 6.78, metoda absolut:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 90 | | | | | |
| 01 | 00 | 2000 | –900 | | | |
| 02 | 01 | 2000 | –2500 | 75 | | |
| 03 | 01 | 2200 | –2600 | 75 | | |
| 04 | 00 | 3000 | –2600 | | | |
| 05 | M30 | | | | | |
| | | | | | | |

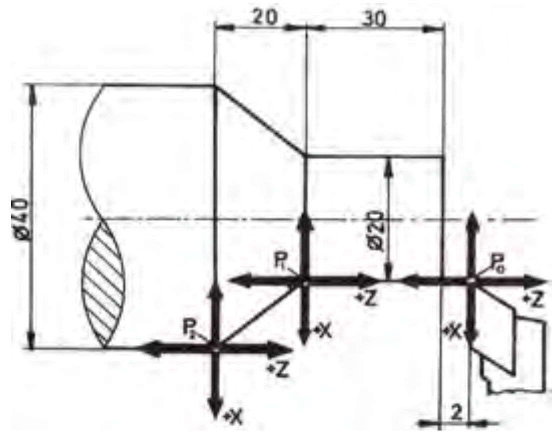
## 6.24 G91 — Pemprograman Nilai Inkremental

Dengan menggunakan metoda Absolut, maka semua ukuran dihitung dalam nilai inkremental. Status mula mesin bubut CNC unit Didaktik adalah inkremental.

Contoh:

Susunan Program CNC berdasarkan Gambar 6.79, metoda inkremental:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 0 | –3200 | | | $P_0 \rightarrow P_1$ |
| 01 | 01 | 1000 | –2000 | 75 | | $P_1 \rightarrow P_2$ |
| 02 | 01 | –1000 | 5200 | 75 | | $P_2 \rightarrow P_3$ |
| 03 | M3<br>0 | | | | | |
| | | | | | | |




Gambar 6.79 Ilustrasi Benda kerja untuk G91 - Inkremental

## 6.25 G92 — Pencatatan Penetapan

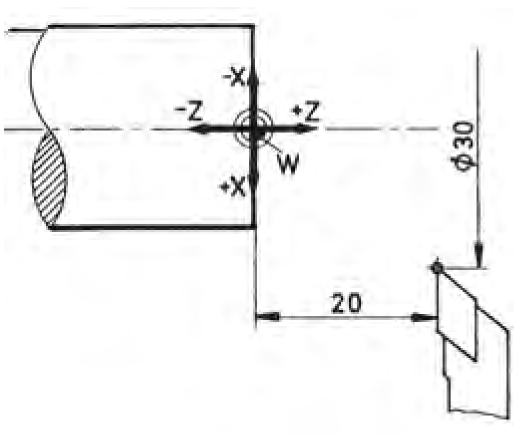
Dengan menggunakan G92, kedudukan titik nol dapat ditetapkan pada satu posisi yang dikehendaki, dan tidak bergantung pada posisi eretan. Sebagai *programmer*, Anda dapat menetapkan titik nol benda kerja sepanjang sumbu benda kerja. Untuk memudahkan perhitungan, maka titik nol benda kerja di tempatkan pada ujung luar benda kerja (arah kepala lepas). Oleh karena itu:

Nilai X = nilai diameteral

Nilai Z = nilai panjang

G92 hanya dibatalkan dengan G91

Contoh:




Koordinat titik nol harus digeser dari posisi puncak mata alat potong ke titik nol benda kerja (W). Oleh karena itu;

1). Anggaplah sistem koordi-natnya dipindahkan ke titik nol benda kerja (W) dan nyatakan ujung potong pahat (eretan) dari titik ini

2). Ukuran X harus dinyata-kan sebagai diameter.

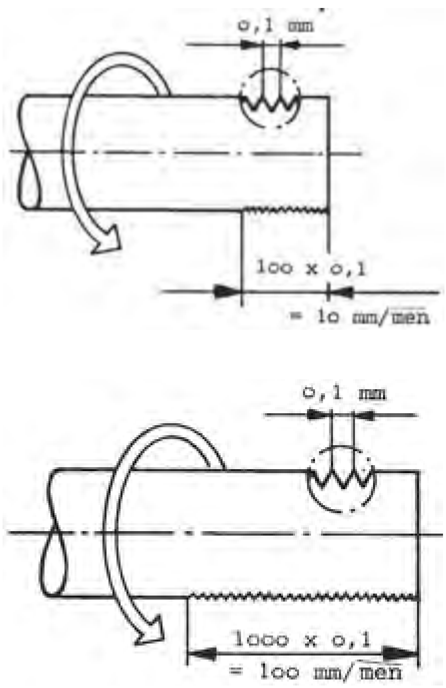
Gambar 6.80 Titik nol benda kerja (W) — G92

Susunan Program CNC berdasarkan Gambar 6.80, metoda inkremental:

| N | G (M) | X (I) | Z (K) | F (L)(K)(T) | H | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 92 | 3000 | 2000 | | | |
| | | | | | | |

## 6.26 G94 — Penetapan Kecepatan Pemakanan

Dengan G94, kecepatan pemakanan dilaksanakan dan ditetapkan dalam mm/min. Untuk mesin bubut unit didaksik, kecepatan pemakanan (F) = 2 – 499 mm/min.
Jika G94 atau G95 tidak diprogram, maka mesin akan bekerja berdasarkan status mula yaitu dengan G94.




Contoh 1:
Jumlah putaran sumbu utama = 100 put/min.
Lebar pemakanan 0.1 mm/put.
Dengan demikian dalam 1 minit, eretan akan bergerak 100 x 0.1 = 10 mm.
Blok pemprograman:

| N | G | X | Z |
|---|---|---|---|
| … | 94 | | |

Gambar 6.81 Kecepatan pemakanan

Contoh 2:

Jumlah putaran spindel utama = 1000 putaran/min. Lebar penyayatan terprogram 0.1 mm/put. Jadi dalam 1 minit eretan akan bergerak 0.1 x 1000 = 100 mm. Dengan demikian 10 kali jarak dari jumlah putaran 100 put/min.

## 6.27 G95 — Penetapan Lebar Penyayatan

Apabila dalam blok awal, G95 diprogram, maka nilai pemakanan akan dihitung dalam mm/putaran, yang disebut dengan lebar penyayatan per setiap putaran (f).

Besaran nilai masukan adalah 2 s.d. 499 (1/1000 mm). Dengan demikian ketelitiannya = 1/1000 mm.

Contoh 1:

Bila F 300 mm /min, berarti f 0.3 mm/putaran

**Catatan**:

- Ketika sumbu utama berputar maka program akan dilanjutkan (bekerja), karena bila spindel tidak berputar, komputer tidak dapat mensinkronisasikan jumlah putaran sumbu utama dengan besaran kecepatan pemakanan.
- Kecep[atan pemakanan maksimal adalah 499 mm/min, dengan demikian terdapat suatu besaran kecepatan pemakanan maksimal yang bergantung pada jumlah putaran sumbu utama.

Contoh 2:

Jumlah putaran sumbu utama = 3000 putaran/minit

Lebar penyayatan terprogram dengan G95 = 0.499 mm/putaran

F (mm/min) = S (rpm) x f (mm/put)

= 3000 x 0.499 = 1497 mm/min

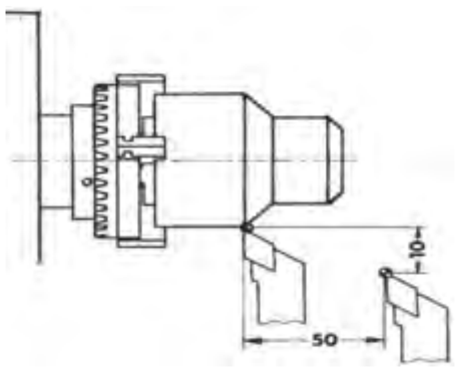
Maka besarya kecepatan eretan (pemakanan) = 1497 mm/min.

Gerakan eretan efektif pada jumlah putaran tersebut kira-kira 0.17 mm/putaran. Dan jika diprogramkan 0.499 mm/putaran, maka;

(499 mm/min) / 3000 puaran/min) = 0.1663 mm/putaran.

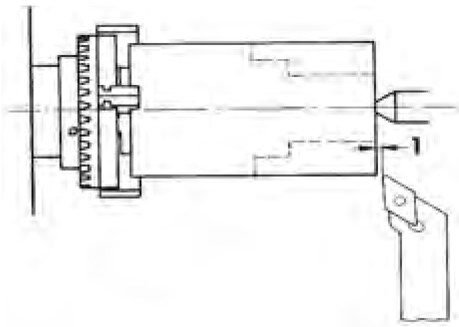
## c. Tugas

1. Benda kerja pada Gambar a di bawah telah dibubut sampai pada titik akhir dari tirus, pahat harus diikembalikan ke tempat semula dengan dengan lintasan cepat (G00). Buatlah program akhir untuk mengembalikan puncak mata pahat ke titik awal (0), secara inkremental, baik berda-sarkan sumbu X dan Z, maupun dengan diagonal.

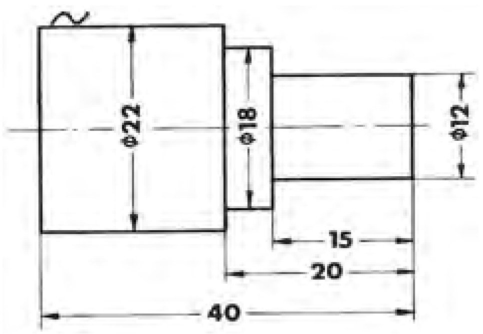



Gambar a.

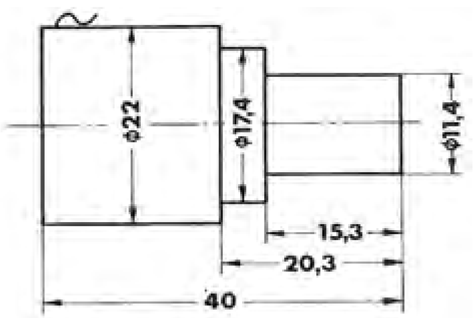
2. Bahan bakal poros bertingkat seperti terlihat dalam Gambar d akan dibubut halus (kedalaman pemo-tongan 0.3 mm) untuk menda-patkan benda kerja seperti terlihat pada Gambar e, dengan posisi puncak mata pahat pada awal program seperti Gambar b. Untuk operasi pembubutan tersebut, susunlah program CNC secara inkremental. Gunakan G00 dan G01!




Gambar b Posisi pahat

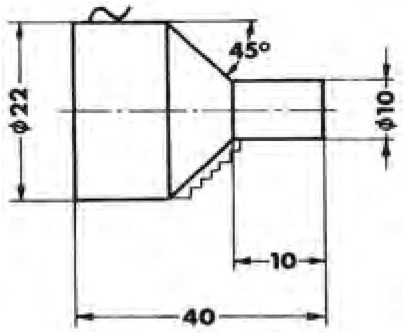


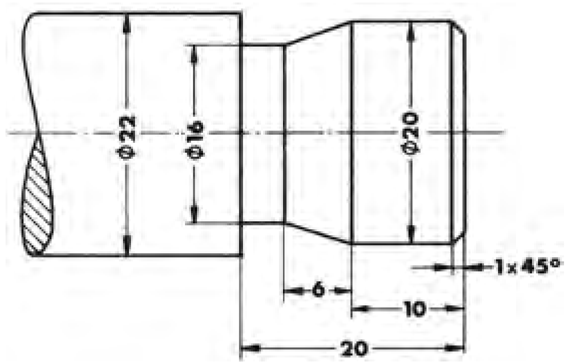

Gambar c Bakal poros bertingkat




Gambar d Poros bertingkat

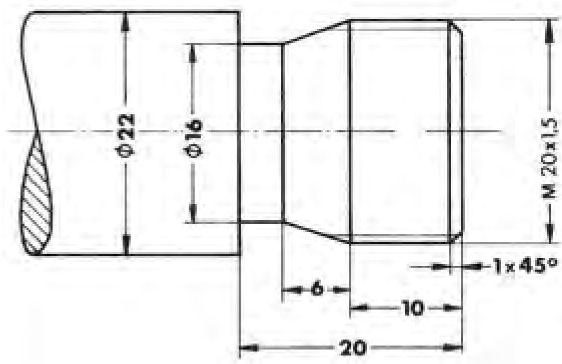
3. Buatlah program CNC untuk Gambar e di bawah ini, titik awal pahat di serahkan pada anda.



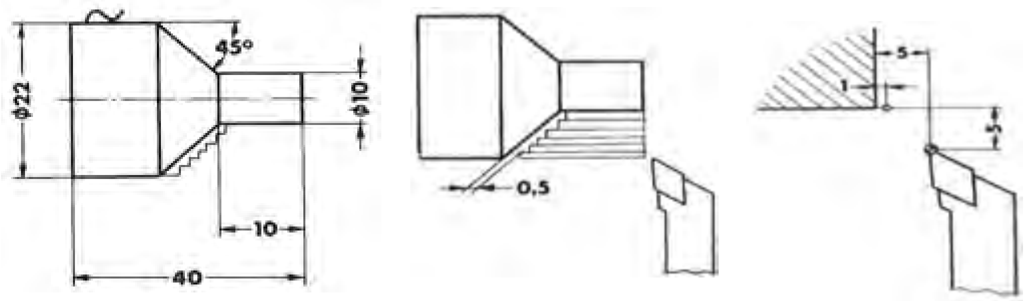

Gambar f Bubut Tirus – 1 Gambar g Bubut Tirus – 2

4. Buatlah program CNC untuk Gambar f di atas ini, titik awal pahat di serahkan pada anda.
5. Buatlah program CNC untuk Gambar g di atas ini, titik awal pahat 5, 5 mm dari sisi ujung permukaan. (x = 5 mm dan Z = 5 mm).
6. Susunlah program penguliran dengan G78 sesuai dengan Gambar kerja di bawah:

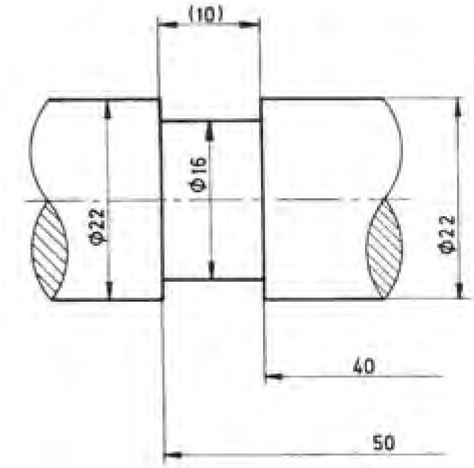



7. Poros dengan bidang tirus akan dibubut dengan mesin bubut CNC seperti diilustrasikan pada gambar di bawah ini. Dalamnya pemotongan 1 mm (maksimum). Jarak sisi bertingkat 0.5 mm. Bahan Aluminium Otomatis (Torradur B), Tentukanlah:
   a. Kecepatan Spindel ( S = ... rpm)
   b. Kecepatan pemakanan, (F = ... mm/min), bila f = 0.02 mm/put.

   Susunlah program CNC secara incremental dan absolut. Gunakan G84 dan untuk bubut penyelesaian gunakan G01.




8. Pada suatu poros akan di-buat alur seperti terlihat pa-da gambar di samping,

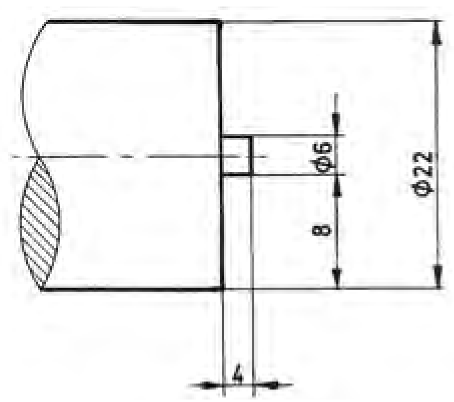



puncak mata alat potong berada pada X,Z = 2,2 dari ujung permukaan keliling benda kerja Bahan Alumi-nium Otomatis (Torradur B), Tentukanlah:

   a. Kecepatan Spindel (S = ... rpm)
   b. Kecepatan pemakanan, (F = ... mm/min), bila f = 0.01 mm/put.

   Susunlah program CNC se-cara incremental dan abso-lut dengan meng gunakan G86.

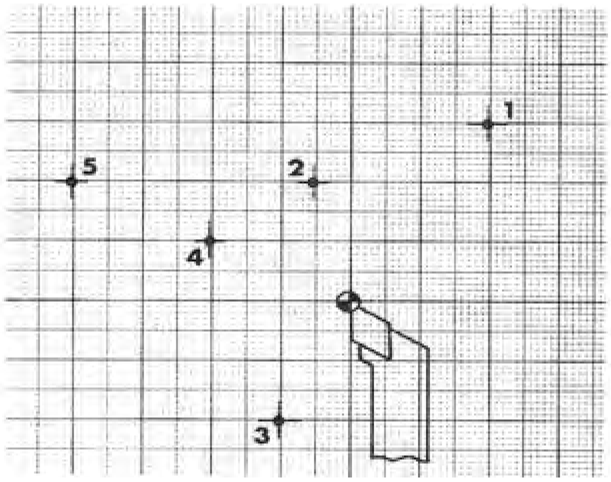
9. Akan dilakukan pembubutan melintang dengan fungsi kerja siklus – G88.




Susunlah program untuk benda kerja seperti gambar di di samping ini, jika jarak puncak mata alat potong (pahat) berada pada X,Z = 2,2 dari ujung sisi permukaan keliling benda kerja.

## d. Tes Formatif

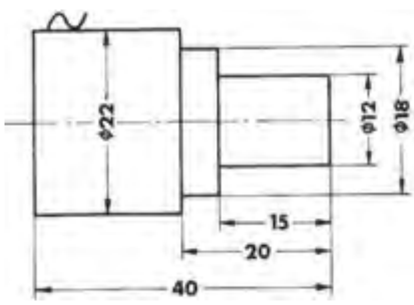
1. Buatlah program CNC untuk menggerakkan pahat berdasarkan inkremental dari titik referensi sampai dengan titik 5, lihat Gambar b di bawah.

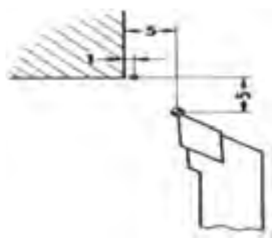



Gambar b.

2. Gambar benda kerja di bawah akan dibubut bertingkat hingga ukuran seperti tercantum pada gambar. Posisi puncak mata alat potong (pahat bubut kanan) seperti diilustrasikan pada gambar. Hitunglah:
   a. Kecepatan spindel (S = ... rpm)
   b. Kecepatan pemakanan (F = ... mm/min), bila f = 0.015 mm/put.

   Lalu susunlah program CNCnya, baik secara inkremental maupun secara absolut. Gunakan G84!



## 8. Kegiatan Belajar 8

# MESIN FRAIS CNC

**Tujuan Pembelajaran:**

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 8 ini, siswa dapat mengidentifikasi, antara lain;

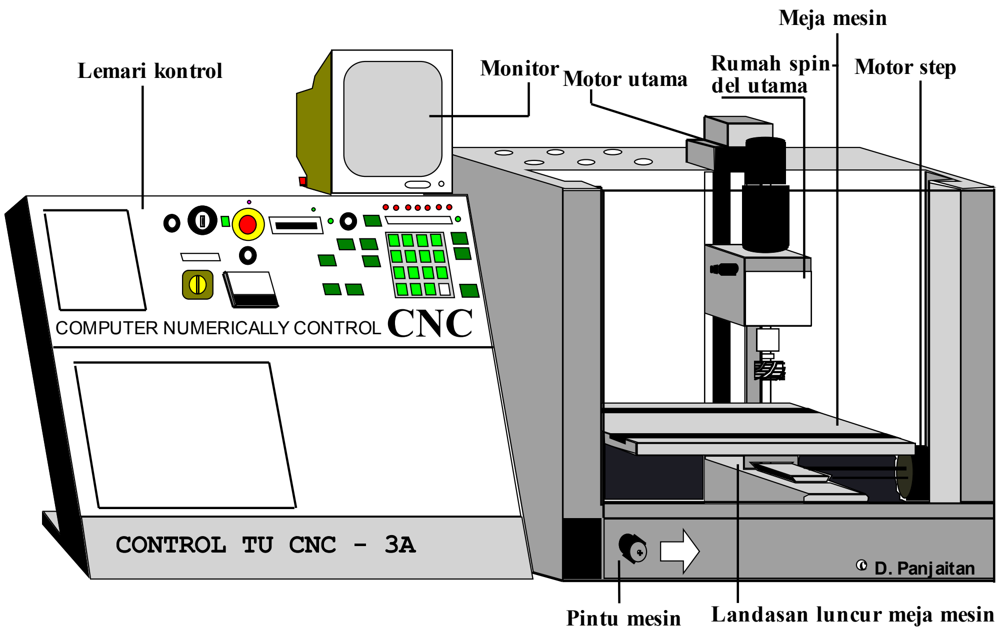
1). bagian-bagian utama mesin bubut CNC;
2). mengidentifikasi motor spindel dan motor langkah (Stepping motor)
3). mengatur kecepatan motor spindel
4). menjelaskan fungsi piringan berlubang (perporated disk)
5). memasang alat potong
6). menyetel kedudukan pisau frais CNC terhadap benda kerja,

**Uraian Meteri**

Mesin CNC TU-3A (Selanjutnya disebut mesin frais CNC unit didaktik) adalah mesin frais unit pelatihan (tiga sumbu) yang dilengkapi dengan kontrol komputer. Mesin fraisnya itu sendiri sama dengan mesin frais konvensional, seperti diuraikan di bawah ini.

### 8.1 Bagian-Bagian Utama:

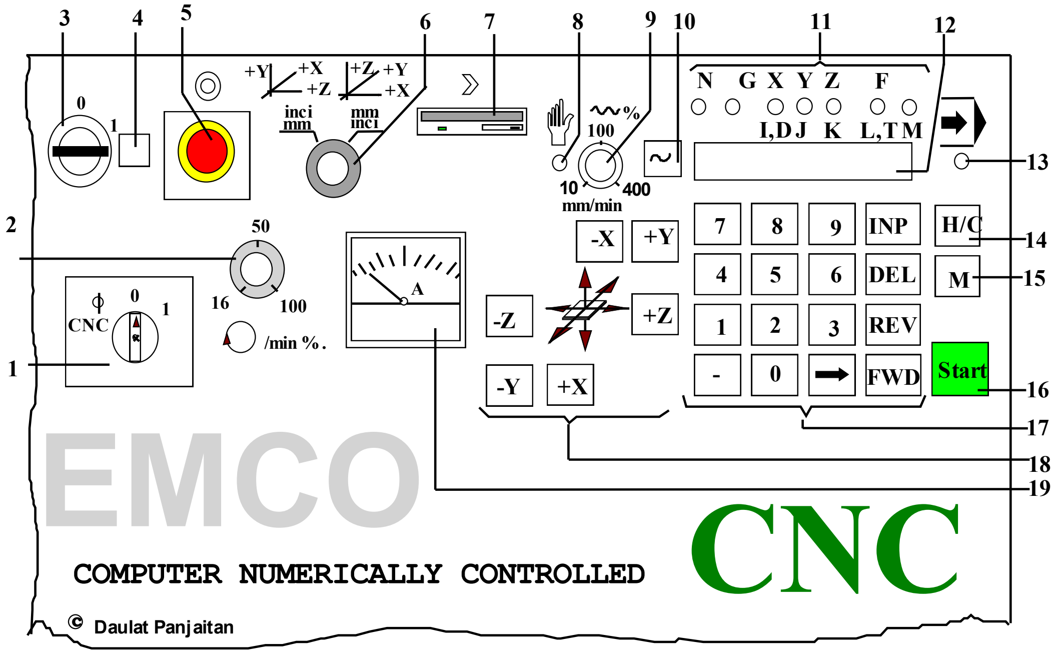
Yang termasuk bagian-bagian utama mesin frais CNC unit didaktik ini antara lain adalah seperti diilustrasikan pada Gambar 8.1 di bawah:




Gambar 8.1 Mesin Frais CNC Unit Didaktik

## 8.2 Unsur-Unsur Pengendali - Umum

Unsur-unsur pengendali - pelayanan mesin frais CNC unit didaktik ini adalah semua piranti yang terdapat pada permukaan papan tombol seperti diilustrasikan dalam gambar berikut ini:




Gambar 8.2 Tampilan papan tombol mesin Frais CNC unit didaktik

Keterangan Gambar 8.2:

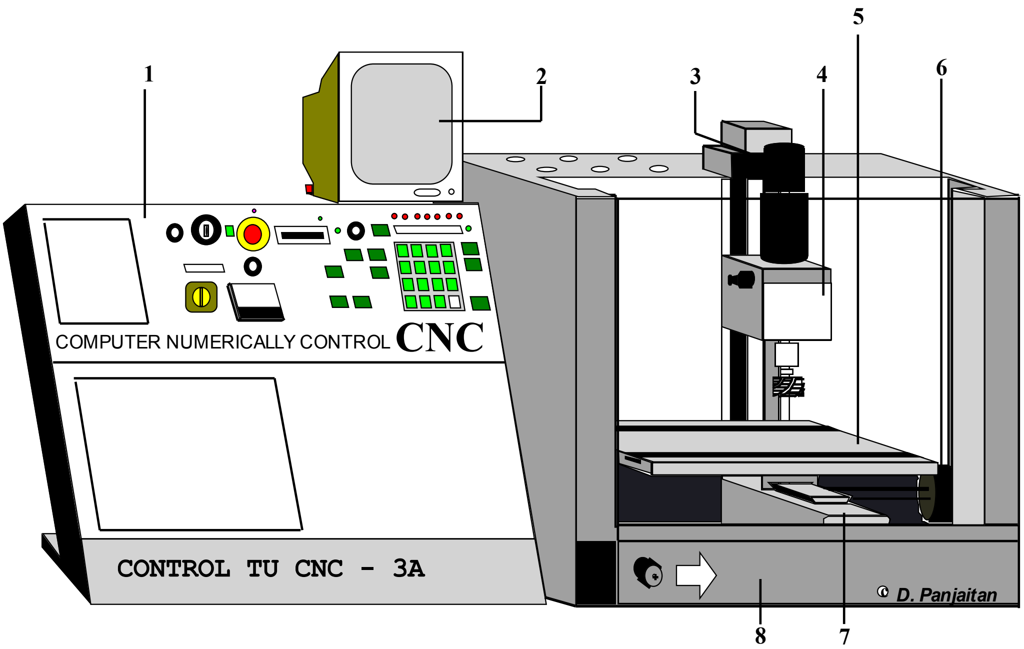
1. Sakelar spindel utama untuk operasi CNC atau MANUAL,
2. Knop pengatur prosentase kecepatan spindel,
3. Sakelar utama — ON atau OFF;
4. Lampu penunjuk arus masuk;
5. Tombol darurat;
6. Knop pilihan mm/inci dan sistem persumbuan;
7. Penggerak kaset atau penggerak disket,
8. Lampu penunjuk operasi manual,
9. Knop pengatur prosentase kecepatan pemakanan (10 s.d. 400 % x F aktif);
10. Tombol pelintas cepat — tombol ini ditekan bersamaan dengan salah satu tombol penggerak eretan pada arah relatif;
11. Penunjukan alamat-alamat pemprograman;
12. Penampil data alamat aktif dan berbagai jenis alaram;
13. Lampu penunjuk operasi CNC,
14. Tombol H/C adalah tombol pilihan pelayanan secara MANUAL atau CNC,
15. Tombol M yang berfungsi untuk mengaktifkan alamat M ketika akan memasukkan/menyimpan program dan menguji ketepatan data geometris program,
16. Tombol START — tombol untuk menjalankan mesin berdasarkan program yang telah tersimpan dalam RAM,
17. Tombol-tombol untuk pemasukan data setiap alamat pemprograman serta untuk pengoptimasian (perbaikan) program:
    - Tombol angka 0 - 9: Tombol-tombol untuk memasukkan kombina-si angka pada alamat-alamat G/M, X/I, Z/K, T/K/L/T, dan H;
    - Tombol – (tanda minus): Tombol untuk mengubah nilai alamat lintasan dari arah positif ke negatif,
    - Tombol INP: Tombol untuk menyimpan data alamat yang dimasukkan,
    - Tombol DEL: Tombol untuk menghapus data per alamat,
    - Tombol REV: Tombol untuk memundurkan kursor blok per blok,

- Tombol FWD: Tombol untuk memajukan kursor blok per blok,
- Tombol **tanda panah (⇒)**: Tombol untuk memajukan kursor alamat per alamat,
- Tombol M: Tombol untuk mengaktifkan fungsi M, dan untuk meng-uji ketepatan data geometris program.

18. Tombol-tombol penggerak eretan secara manual arah relatif dengan motor langkah (motor step):
    - Tombol **–X**: penggerak meja arah memanjang ke sebelah kiri titik nol benda kerja dilihat dari operator;
    - Tombol **+X**: penggerak meja arah memanjang ke sebelah kanan titik nol benda kerja dilihat dari operator;
    - Tombol **–Y**: penggerak meja arah melintang mendekati opertor;
    - Tombol **+X**: penggerak meja arah melintang menjauhi operator;
    - Tombol **+Z**: penggerak spindel naik;
    - Tombol **–Z**: penggerak spindel turun.
19. Amperemeter — ammeter adalah alat ukur yang digunakan untuk mengukur pemakaian arus berkenaan dengan beban potong (gaya ak-sial atau gaya radial) yang diterima spindel.

## c. Tes Formatif

Lengkapilah nama bagian gambar berikut!




1. ............................................................
2. .......................................................
3. ............................................................
4. .......................................................
5. ............................................................
6. .......................................................
7. ............................................................
8. .......................................................

## 9. Kegiatan Belajar 9

## PELAYANAN CNC

**Tujuan Pembelajaran:**

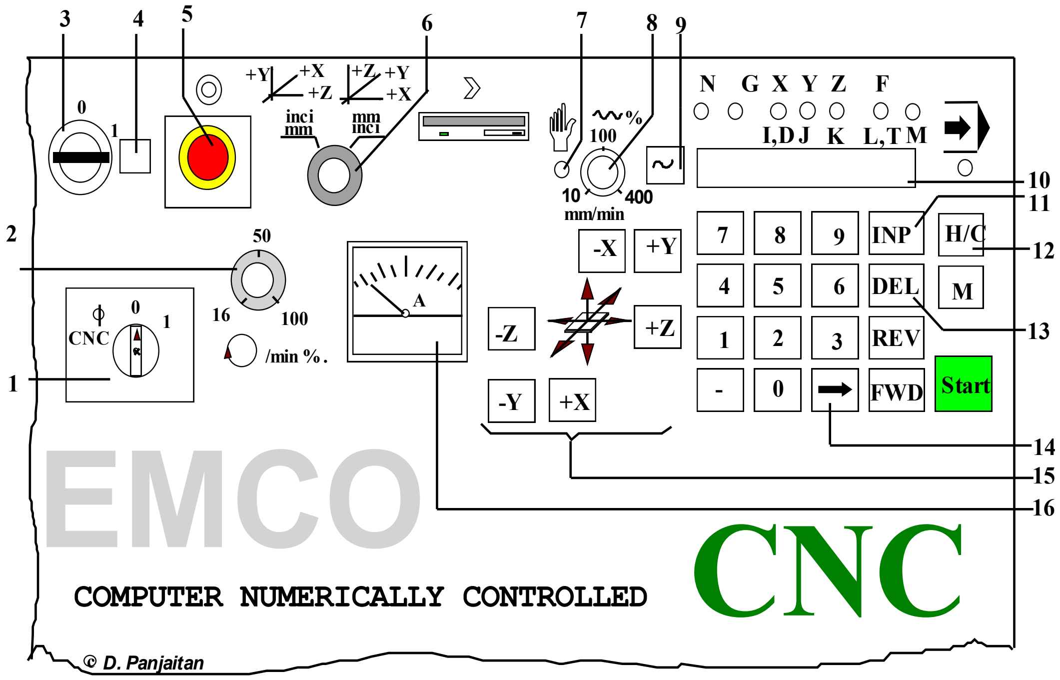
Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 9 ini, siswa dapat, antara lain;

1. mengidentifikasi unsur-unsur pelayanan Manual dan CNC,
2. memutuskan arus ke motor step,
3. memahami fungsi kombinasi tombol.

**Materi**

### 9.1 Unsur-Unsur Pengendali - Pelayanan Manual

Unsur-unsur pengendali - pelayanan manual mesin frais CNC unit didaktik di-tempatkan pada permukaan papan tombol seperti dilukiskan dalam gam-bar berikut ini:




Gambar 9.1 Tampilan papan tombol mesin frais CNC unit didaktik — untuk pelayanan manual

Keterangan gambar:

1. Sakelar ON spindel untuk operasi CNC atau MANUAL,
2. Knop pengatur prosentase kecepatan spindel,
3. Sakelar utama — ON atau OFF,
4. Lampu penunjuk arus masuk,
5. Tombol darurat,
6. Knop pilihan mm/inci dan sistem persumbuan,
7. Lampu penunjuk operasi manual,
8. Knop pengatur prosentase kecepatan pemakanan (10 s.d. 400 % x F aktif),
9. Tombol pelintas cepat — tombol ini ditekan bersamaan dengan salah satu tombol penggerak eretan pada arah relatif,
10. Penampil jarak lintasan meja pada sumbu ± X, ± Y, ± Z, dalam per seratus mm atau per seribu inci,

    Gerakan ke arah positif pada sumbu relatif ditunjukkan dengan angka tanpa tanda, sedangkan gerakan ke arah negatif pada sumbu relatif ditunjukkan dengan tanda minus.

Contoh: Pada penampil dalam alamat sumbu relatif tertayang angka seperti berikut di nawah ini:

1). | 250 | ⟶ Meja mesin digerakkan ke arah ***positif*** sumbu relatif sejauh 2.5 mm atau 0.25 inci

2). | -250 | ⟶ Meja mesin digerakkan ke arah ***negatif*** sumbu relatif sejauh 2.5 mm atau 0.25 inci

11. Tombol **INP**. Dengan tombol INP ini, anda dapat memasukkan kombinasi angka untuk suatu jarak yang akan dilintasi meja,
12. Tombol **H/C** adalah tombol pilihan pelayanan secara MANUAL atau CNC,

    Apabila tombol H/C ditekan, maka lampu pelayanan CNC menyala, dan apabila ditekan sekali lagi, maka lampu pelayanan manual menyala yang berarti mesin siap dioperasikan secara manual.
13. Tombol **DEL**: tombol ini berfungsi untuk menghapus nilai yang terdapat dalam alamat sumbu relatif yang aktif dan diset ke 0 (nol),
14. Tombol ⇒: tombol untuk mengubah alamat sumbu relatif aktif (**X**, **Y**, atau **Z**),
15. Tombol-tombol untuk penggerak meja arah memanjang, melintang atau vertikal, baik ke arah negatif maupun ke arah negatif,
16. **Ammeter** (ampheremeter): alat ukur pemakaian arus berkenaan dengan beban potong (gaya aksial atau gaya radial) yang diterima spindel.

**a. Penyetelan Kedudukan Pisau Frais Terhadap Benda Kerja**.

Dalam operasi pemfraisan, pada umumnya pemesinan didasarkan atas ukuran yang ditunjukkan pada sisi luar benda kerja. Agar ukuran-ukuran hasil pemesinan (pemfraisan) setepat mungkin, maka diusahakanlah untuk menetapkan suatu titik awal pengerjaan, yang disebut dengan titik nol benda kerja. Dengan ditentukannya titik nol benda kerja, maka

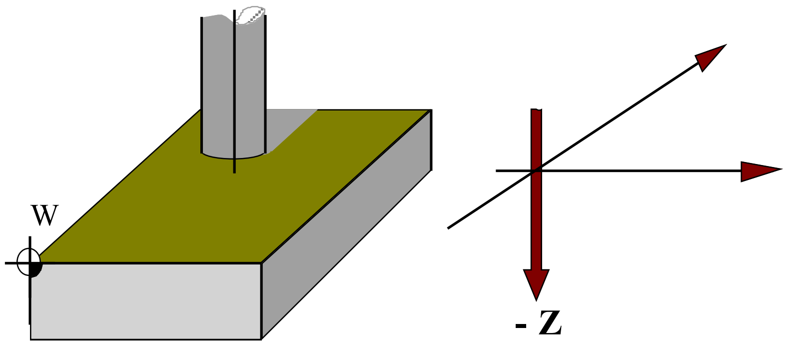
kedudukan pisau frais terhadap benda kerjapun dapat diketahui. Ada beberapa cara yang dapat digunakan untuk mendapatkan kedudukan pisau frais terhadap benda kerja, antara lain ialah:

1). Dengan menggoreskan ujung dan atau sisi pisau frais ke permukaan atau ke sisi benda kerja;

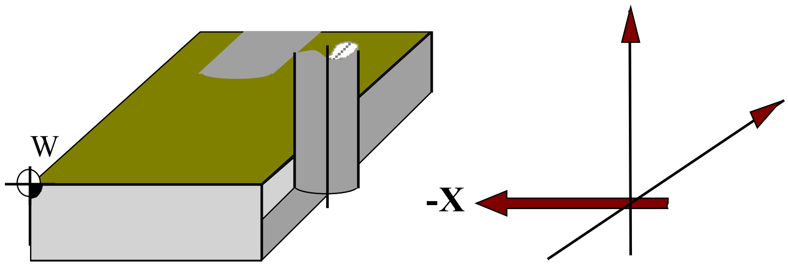
2.) Dengan menggunakan dial indikator.

Dalam pembahasan topik ini, akan dibahas mengenai metode penggoresan (scratching), seperti diillustrasikan di bawah ini:

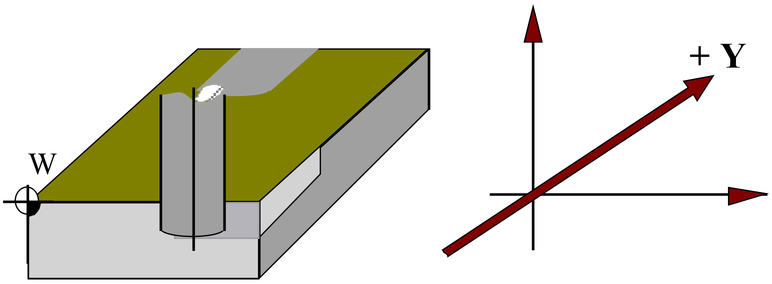
**Prosedur Penyetelan Kedudukan Pisau Frais Terhadap Benda Kerja dengan Metode Penyentuhan**




1). Tekan tombol -Z untuk menggerakkan spindel turun, hingga ujung mata pisau frais menyentuh permukaan benda kerja. Pada kedudukan ini, hapus data yang tertayang dalam alamat Z dengan menekan tombol **DEL**. .



2). Setelah pisau frais dibebaskan dari permukaan benda kerja, tekan tombol -X untuk menggerakkan meja, sehingga sisi pisau frais menyentuh ringan sisi benda kerja. Pada kedudukan ini, hapus dan setel data yang tertayang dalam alamat X dengan menekan tombol **DEL**. .




3). Bebaskan pisau frais dari sisi benda kerja (arah sumbu X), kemudian tekan tombol +Y untuk menggerakkan meja arah melintang himgga sisi pisau frais menyentuh ringan sisi benda kerja (ilustrasi ketiga). Pada kedudukan ini, hapus dan setel data yang tertayang dalam alamat Y dengan menekan tombol **DEL**.

Apabila ukuran benda kerja □ 50 x 50 x 15 mm, dihubungkan dengan kedudukan pisau frais hasil penyetelan di atas ( X=0, Y=0, dan Z=0), di mana diameter pisau frais adalah 16 mm, maka jarak sumbu alat potong ke titik nol benda kerja (W) adalah 58,-8,0, yakni:

Arah sumbu X = 50 + 8 = 58 mm

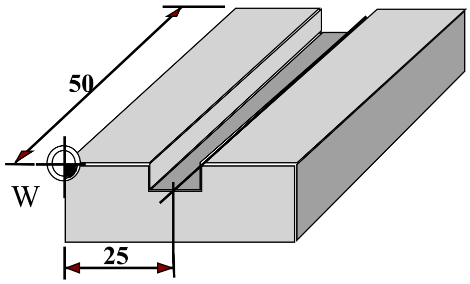
Arah sumbu Y = 0 - 8 = -8 mm.

Arah sumbu Z tetap sama dengan 0.

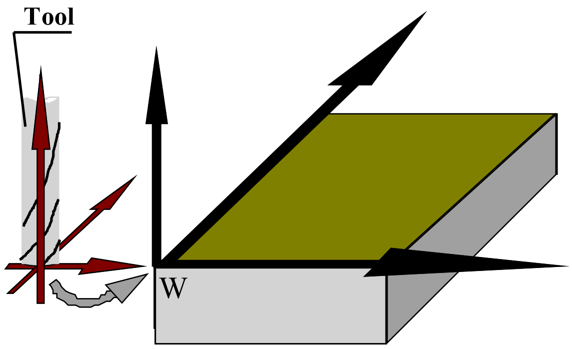
***Catatan***: 1). 8 mm adalah jari-jari pisau frais, dan

2). Tanda + / - adalah penunjukan arah gerakan pisau frais.

### b. Penyetelan titik nol benda kerja




Diameter pisau frais yang digunakan untuk memfrais alur adalah 16 mm. Apabila ada beberapa benda kerja yang akan diberi alur dengan dimensi yang sama, maka perlu ditetapkan suatu titik awal dengan posisi yang sama dan tetap untuk semua benda kerja tersebut. Titik awal ini disebut dengan titik nol benda kerja.




W adalah titik nol benda kerja. Dalam hal ini, titik nol benda kerja didasarkan atas titik nol pengukuran dimensi benda kerja.

Dengan demikian, titik nol benda kerja adalah titik awal koordinat pemesinan, di mana koordinat X,Y,Z = 0,0,0.

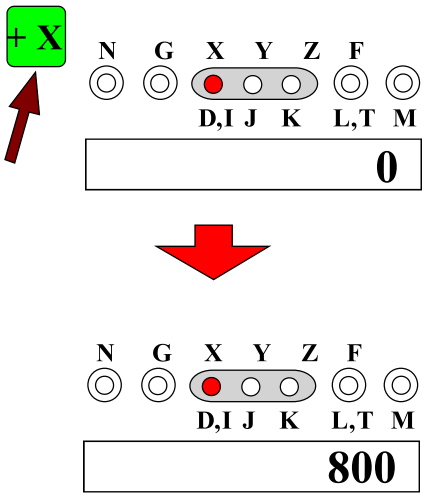
Setelah pisau frais disinggungkan ke sisi-sisi dan atau ke permukaan benda kerja, lalu alamat X, Y, dan Z diset ke nol dengan menekan tombol **DEL** pada masing-masing alamat tersebut. Dengan demikian, maka posisi kedudukan sumbu pisau frais ke titik nol benda kerja arah sumbu X dan Y, masing-masing adalah setengah diameter pisau frais.

Agar titik nol alat potong (titik tengah ujung alat potong) betul-betul berimpit dengan titik nol benda kerja (W), maka spindel mesin dengan

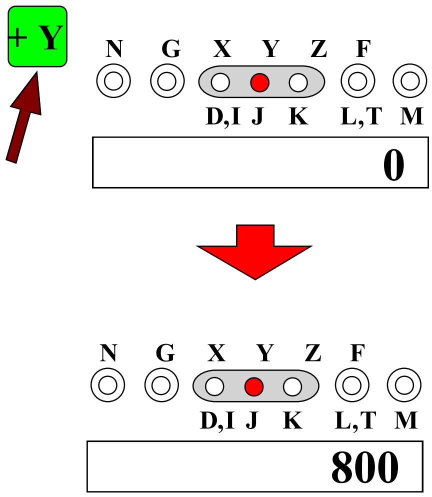
pisau frais tersebut perlu digeser setengah diameter pisau frais arah sumbu X dan Y, masing-masing sejauh 8 mm.

Setelah penggeseran alat potong dilakukan, maka pada masing-masing alamat X dan Y harus terbaca nilai 800.

Dengan menekan tombol +X



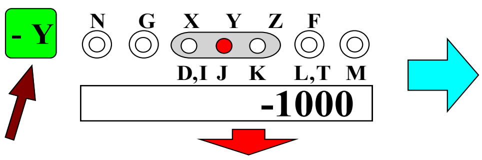

Dengan menekan tombol +Y



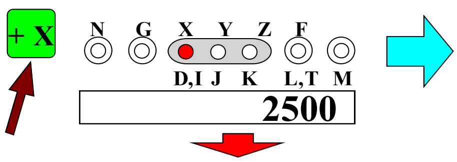

Pada posisi ini, ujung sumbu alat potong betul-betul berimpit dengan titik nol benda kerja.

## Prosedur Pembuatan alur:

Tekan tombol -Y



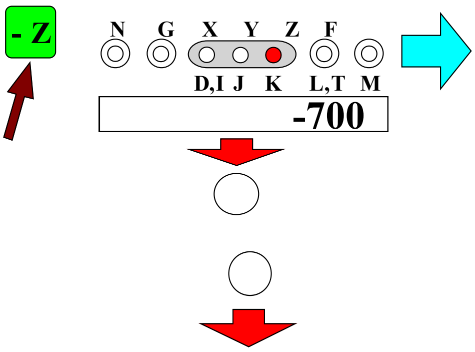

Tekan tombol +X




Ujung pisau frais berada 0,0,2 mm terhadap titik nol benda kerja (W), atau 2 mm tepat di atas titik nol benda kerja (W). Pisau frais dijauhkan 10 mm ke arah negatif sumbu Y, sehingga apabila pisau frais tersebut diturunkan hingga ke dalaman alur yang diminyta bebas tidak menyentuh benda kerja.

Sumbu pisau frais ditempatkan 25 mm dari titik nol benda kerja, tepat di atas titik pusat lingkaran alur.

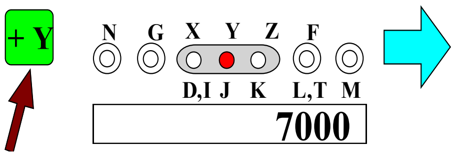
Tekan tombol -Z




Pisau frais diturunkan hingga kedalaman alur yang diminta, yakni 5 mm ditambah 2 mm kebebasan ujung pisau frais di atas permukaan benda kerja. Maka dalam hal ini jumlah jarak penurunan adalah 7 mm

Untuk memfrais alur tekan tombol Y sejauh 70 mm, yakni 10mm dari sumbu -Y ditambah 50 mm panjang benda kerja ditambah 10 mm jarak pisau frais ke luar dari benda kerja pada arah sumbu +Y, dalam hal ini total pergeseran adalah 10 + 50 + 10 = 70 mm

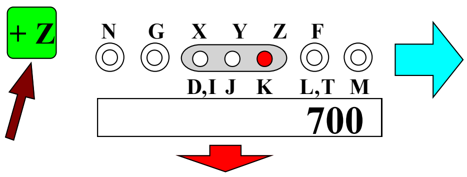
Tekan tombol +Y



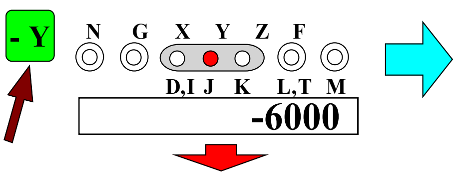

Pemfraisan alur ini dilakukan dengan menyetel knop pengatur kecepatan pemakanan pada posisi 100 % untuk 100 mm.

Pisau frais dinaikkan 7 mm, agar ujung pisau frais tersebut berada 2 (dua) mm bebas di atas permukaan benda kerja.

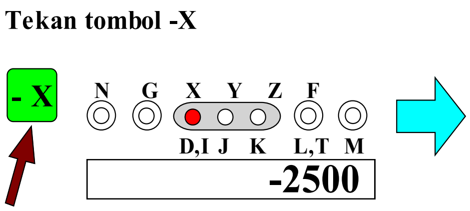
Tekan tombol +Z




Tekan tombol -Y




Tekan tombol -Y 60 mm, sehingga sumbu Y pisau frais sejajar dengan sumbu Y benda kerja.

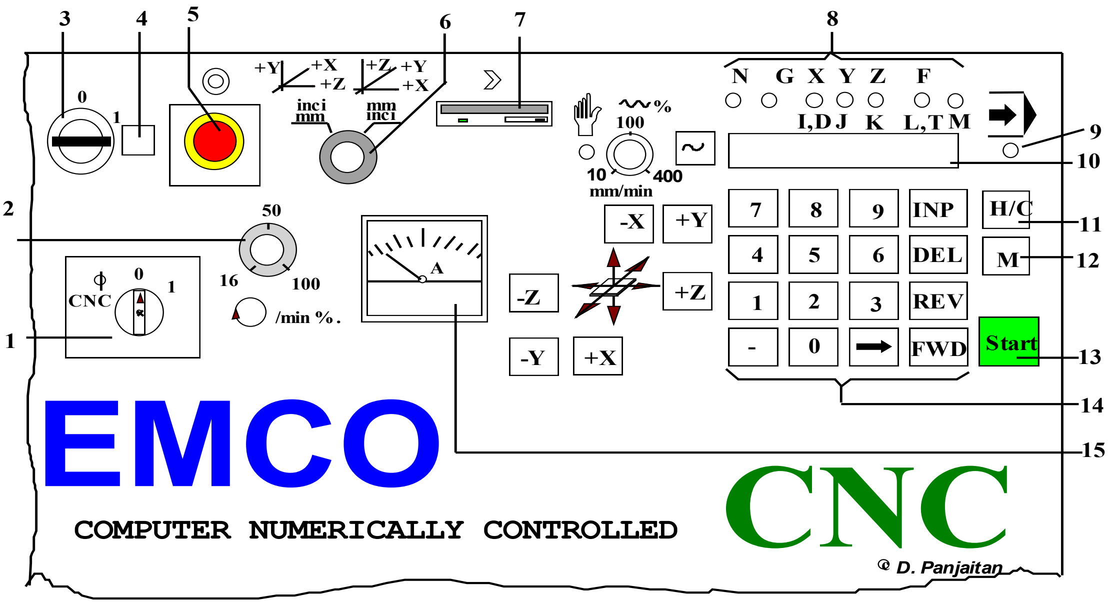



Tekan tombol -X 25 mm, sehingga sumbu pisau frais berada 2 mm di atas titik nol benda kerja. Dengan kata lain, pisau frais kembali ke posisi awal.

**Catatan** : Mesin frais CNC unit didaktik dirancang dan diset secara inkremental. Untuk absolut akan dibahas kemudian pada topik selanjutnya.

## 9.2 Unsur-Unsur Pengendali - Pelayanan CNC

Unsur-unsur pengendali - pelayanan CNC dari CNC TU-3A ditempatkan pada permukaan papan tombol seperti dilukiskan dalam gambar berikut ini:




Gambar 9.2 Tampilan papan-kontrol CNC TU-3A — unsur pelayanan CNC

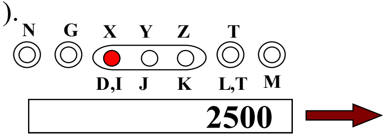
Keterangan gambar:

1. Sakelar ON spindel untuk operasi CNC atau MANUAL,
2. Knop pengatur prosentase kecepatan spindel,
3. Sakelar utama — ON atau OFF,

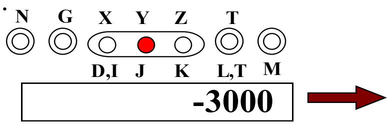
4. Lampu penunjuk arus masuk,
5. Tombol darurat,
6. Knop pilihan mm/inci dan sistem persumbuan,
7. Penggerak disket,
8. Lampu dan Alamat-alamat Pemrograman,
9. Lampu pelayanan CNC,
10. VDU (Visual Display Unit), Penapil data program per setiap alamat (alamat, N, G, X/I/D, Y/J, Z/K, F/L/T, M. Penampil jarak lintasan meja pada sumbu ± X, ± Y, ± Z, dalam per seratus mm atau per seribu inci.

    Pemrograman gerakan ke arah positif pada sumbu relatif tidak perlu diberi tanda +, sedangkan untuk arah negatif pada sumbu relatif harus dibubuhi dengan tanda minus.

    Contoh: Pada penampil dalam alamat sumbu relatif tertayang angka seperti berikut di bawah ini:

    1).
    
    

    Apabila dalam alamat X dimasuk-kan data 2500, berarti alat potong hendak digerakkan sejauh 25 mm ke arah sumbu +X.

    2).
    
    

    Dan, apabila dalam alamat Y di-masukkan data – 3000, berarti alat potong direncanakan akan digerakkan sejauh 30 mm ke arah sumbu –Y.

11. Tombol **H/C** adalah tombol pilihan pelayanan secara MANUAL atau CNC. Apabila tombol H/C ditekan, maka lampu pelayanan CNC meyala,
12. Tombol **M**: tombol ini berfungsi untuk mengaktifkan alamat M (fungsi *Miscellaneous*),
13. Tombol **START**: tombol untuk melaksanakan program (pemesinan),
14. Tombol-tombol untuk memasukkan data program, optimasi, penyim-panan program ke dalam disket, dan lain sebagainya:

14.1. Tombol angka: 0 s.d. 9 → untuk data angka dan atau kombinasi angka per setiap alamat,

14.2. Tombol tanda minus: tombol untuk memasukkan harga minus. Tombol ini ditekan setelah menekan data angka,

14.3. Tombol INP (INPut): Tombol untuk memasukkan/menyimpan data alamat,

14.4. Tombol DEL (DELete): Tombol untuk menghapus data per alamat,

14.5. Tombol FWD (ForWarD): Tombol untuk memajukan program blok per blok,

14.6. Tombol REV (REVerse): Tombol untuk memundurkan program blok per blok,

14.7. Tombol tanda panah (⇒): Tombol untuk memajukan program alamat per alamat,

15. **Ammeter** (ampheremeter): alat ukur untuk pemakaian arus berkenaan dengan beban potong (gaya aksial atau gaya radial) yang diterima spindel.

## a. Kombinasi Tombol

Ada beberapa tombol yang dapat digunakan secara bersamaan dengan fungsi seperti diuraikan berikut di bawah ini:

INP + FWD ⇨

Kedua tombol ini dapat ditekan bersamaan, apabila akan:

1. menghentikan pemesinan pada blok yang sedang berjalan,
2. memperbaiki data alamat program,
3. mengubah R.P.M. atau mengubah kedudukan sabuk pada puli,
4. mengganti alat potong, dan
5. memeriksa ketepatan ukuran hasil pemotongan sebelum benda kerja selesai dikerjakan — prapengukuran

INP + REV ⇨

Kedua tombol ini dapat ditekan bersamaan, apabila akan:

1. menghentikan pemesinan dan kembali ke blok N00,
2. memperbaiki data alamat program,
3. menghapus tanda ALARAM.

DEL + INP ⇨

Kedua tombol ini dapat ditekan bersamaan, apabila akan menghapus keseluruhan program.
Catatan: usahakan menekan tombol DEL terlebih dahulu.

~ + INP ⇨

Kedua tombol ini dapat ditekan bersamaan, bila akan menyisipkan blok

~ + DEL ⇨

Kedua tombol ini dapat ditekan bersamaan, apabila akan menghapus satu baris blok.

M ⇨

Tombol M berfungsi: Mengakhiri Program dan menguji ketepatan data geometri program

1 2 3 + START ⇨

Mode Blok Tunggal, digunakan untuk menguji program CNC, blok/blok.

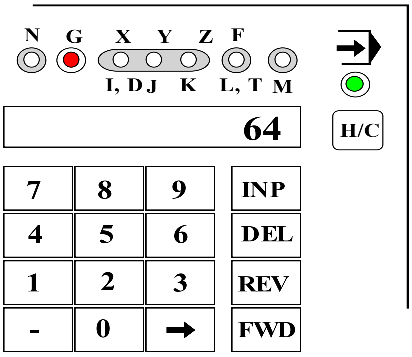
## 9.3 Pemutusan Arus ke Motor Step

Meskipun anda menghidupkan sakelar utama, selama anda belum menyentuh salah satu tombol penggerak meja, maka selama itu pula arus belum masuk ke motor step. Tetapi begitu anda menyentuh salah satu tombol penggerak meja, maka arus ke motor step langsung terhubung. Terhu-

bungnya arus ke motor step dapat dilihat dari tayangan gambar motor pada bagian atas monitor pada pelayanan manual.

Adakalanya, motor step belum perlu dialiri arus listrik, misalnya ketika siswa memasukkan program ke RAM mesin. Di samping alasan menghemat pemakaian listrik, juga untuk menghindari motor step tersebut dari beban kelebihan panas. Oleh karena itu pemutusan arus ke motor step adalah salah satu bagian dari pemeliharaan. Untuk memutuskan arus ke motor step ini, mesin harus dalam pelayanan CNC, meskipun anda sebelumnya bekerja dalam pelayanan manual. Dan apabila dalam pelayanan CNC telah ada program, anda tidak perlu ragu akan kombinasi angka yang terdapat dalam alamat G hilang, sebab **G64** adalah fungsi **G murni** yang tidak akan pernah tersimpan. Begitu G64 dimasukkan dan ditetapkan dengan INP, ma-ka kombinasi angka yang terdapat dalam alamat G sebelumnya akan terta-yang kembali.

**Prosedur memutuskan arus ke motor step:**



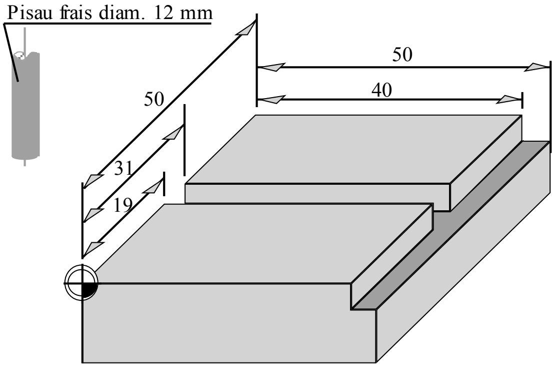

1). Aktifkan pelayanan CNC dengan m-enekan tombol H/C,
2). Tekan tombol tanda panah (⇒) untuk mengaktifkan alamat G,
3). Tekan tombol angka 6 dan 4 dalam alamat G tersebut,
4). Kemudian, tetapkan kombinasi ke-dua angka tersebut dengan mene-kan tombol **INP**.

Kembalilah ke pelayanan manual de-ngan menekan tombol H/C, kemudian perhatikan bahwa tayangan gambar motor sekarang telah hilang dari monitor, yang berarti arus listrik ke motor step telah terputus.

## c. Lembar Tugas

| | | |
|---|---|---|
| **SMK** .............................. | Kegiatan Belajar 9 | Lembar Tugas/Evaluasi |
| **Jurusan**: Mesin | **Pelayanan Manual** | Kode: |
| **Mata Pelajaran**: Teknik Pemesinan CNC | | Waktu: 45 menit |
| **Kelas**: XII | | |

4. Jelaskan prosedur penyetelan titik awal puncak mata alat potong (pisau frais) terhadap titik nol benda kerja.
5. Isilah tabel data sesuai dengan yang diperlukan.
6. Lakukan pemotongan secara manual untuk mendapatkan ukuran sesuai gambar kerja. Kedalaman alur = 5 mm.




| Penyetelan puncak mata alat potong | | | | No. | Pemfraisan Alur □ 50 x 50 x 15 mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | X | Y | Z | F | Keterangan |
| X | Y | Z | Ket. | 1. | | | | | |
| | | | | 2. | | | | | |
| | | | | 3. | | | | | |
| | | | | 4. | | | | | |
| | | | | 5. | | | | | |
| | | | | 6. | | | | | |

| Bahan | Tool: HSS | | Toll: Carbide Tip | |
|---|---|---|---|---|
| | Cs = ... mm/min | F = … mm/put | Cs = ... mm/min | F = … mm/put |
| Aluminium | … | … | … | … |
| Mild Steel | … | … | … | … |
| ... | … | … | … | … |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| **Direktorat Pembinaan SMK** | | | Alat Potong: HSS/Carbide<br>Bahan : Al / MS | |
| **Nama Pekerjaan**:<br>Setting Alat Potong dan Pemesinan secara manual | Skala: | | Digambar: | D. Panjaitan |
| | 1 : 1 | | Dilihat: | |
| | | | Diperiksa: | |
| | | | Disetujui: | |
| Waktu: ... (min) | Ukuran : | mm | No. Lembar Kerja: Fr.001 | |

<table>
<tr><td>SMK ...........................</td><td rowspan="4">Kegiatan Belajar 8<br><br>Memfrais Alur<br>Secara Manual</td><td>LEMBAR PENILAIAN:</td></tr>
<tr><td>Jurusan: Mesin</td><td>Pencapaian waktu: ... min</td></tr>
<tr><td>Mata Pelajaran:<br>Teknik Pemesinan CNC</td><td rowspan="2">Nama Siswa:</td></tr>
<tr><td>Kelas: XII</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Dikerjakan tgl.: ...</td><td colspan="3">Selesai tgl.: ...</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Komponen</td><td rowspan="2">Sub-Komponen</td><td colspan="2">Skor</td><td rowspan="2">Keterangan</td></tr>
<tr><td>Standar</td><td>Pencapaian</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Metode</td><td>1. Langkah Kerja:</td><td>3</td><td></td><td rowspan="14"></td></tr>
<tr><td>2. Sikap Kerja:</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Penggunaan Alat</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Keselamatan Kerja:</td><td>3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">Keterampilan</td><td>1. Ketepatan titik nol</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Dalam alur 5 mm</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Panjang 19 mm</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Panjang 40 mm</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td>5. Kesejajaran</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td>6. Kesimetrisan</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>7. Kehalusan</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Waktu</td><td>1. Tepat</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Lambat</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Jumlah:</td><td>100</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">Predikat:</td></tr>
</table>

............................., .................

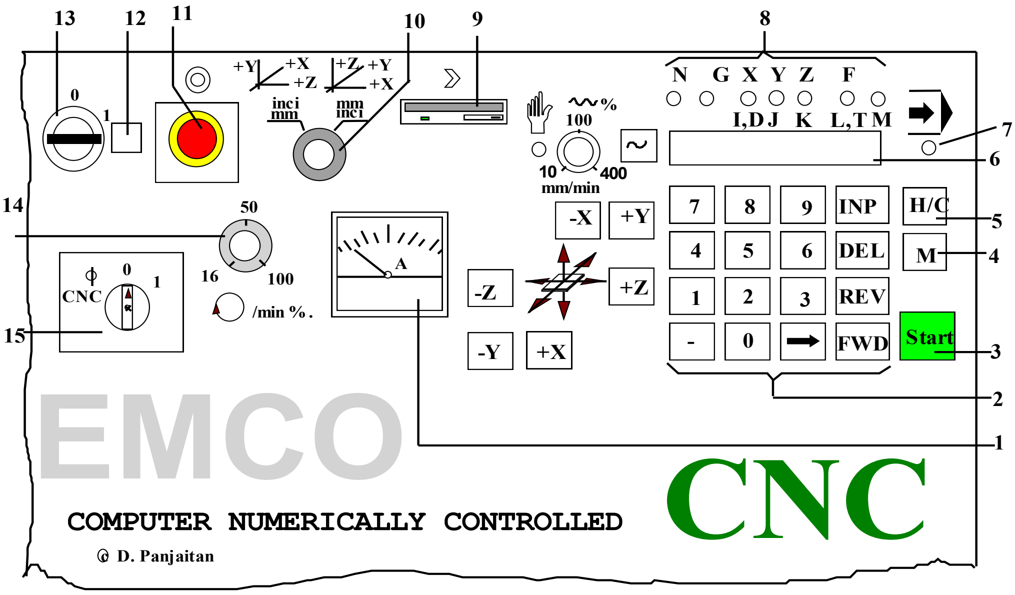
Guru Praktek,

..............................................

NIP. ....................................

## d. Tes Formatif

1. Lengkapilah bagian-bagian Gambar berikut!




2. Bilakah kombinasi tombol INP + FWD digunakan?
3. Apa perbedaan fungsi M00 dengan penekanan tombol INP + FWD?
4. Sebutkan alasan memutuskan arus ke step motor dan jelaskan caranya!

## 10. Kegiatan Belajar 10

# DASAR-DASAR PEMPROGRAMAN

**Tujuan Pembelajaran:**

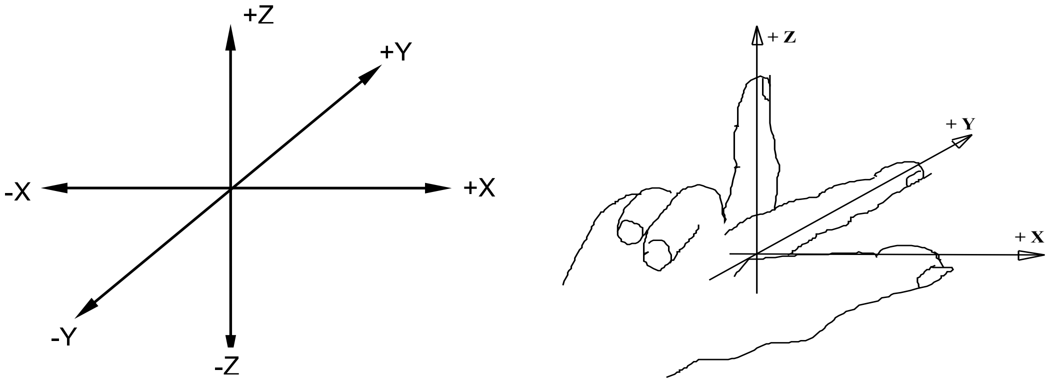
Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 10 ini, siswa dapat, antara lain;

1. menjelaskan sistem pemrograman,
2. menjelaskan sistem koordinat CNC, dan
3. memahami proses kerja CNC.

**Materi**

### 10.1 Sistem Koordinat Mesin Frais CNC

Pada mesin frais CNC unit didaktik dikenal dengan tiga gerakan yakni gerakan memanjang, gerakan melintang, dan gerakan vertikal. Informasi gerakan eretan mesin arah memanjang, arah melintang, dan arah vertikal tersebut adalah bertitik tolak dari sistem koordinat, seperti yang telah kita kenal sehari-hari melalui ilmu trigonometri. Untuk mesin frais vertikal, gerak-an eretan arah memanjang mesin disebut dengan sumbu **X**, gerakan me-lintang disebut dengan sumbu **Y**, sedangkan gerakan vertikal disebut de-ngan sumbu **Z,** perhatikan illustrasi di bawah ini, dimana sistem persumbuan mesin frais CNC didasarkan atas hukum tangan kanan.

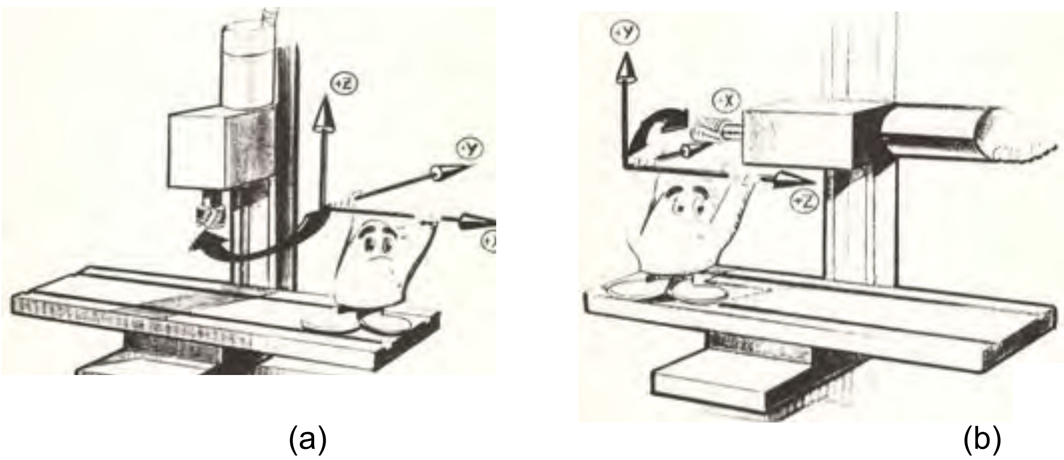



Gambar 10. 1 Sistem koordinat tangan kanan

Sistem persumbuan distandarkan untuk berbagai macam permesinan berdasarkan standar ISO 841 dan DIN 66217, yakni sistem koordinat *Carthesian*.

Dalam penggunaan sistem koordinat *Carthesian* ini, kita mengenal tanda yang merupakan penunjuk posisi suatu titik dari titik koordinat awal yakni positif dan negatif (+ / – ).

Seperti telah pernah dijelaskan pada kegiatan belajar terdahulu, bahwa mesin frais ada yang tegak dan ada yang horisontal atau berbeda didasarkan atas jenis konstruksinya. Lihat Gambar 10.2

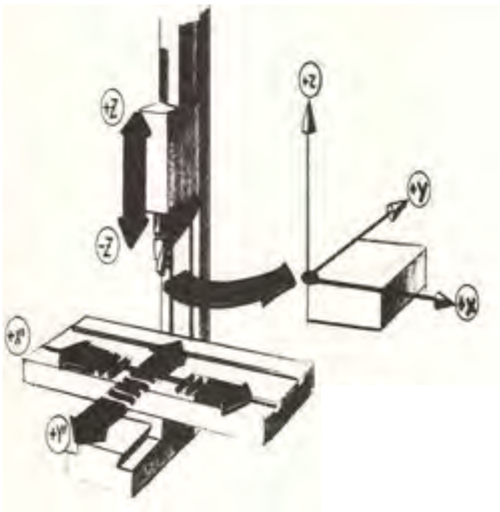


(a) (b)

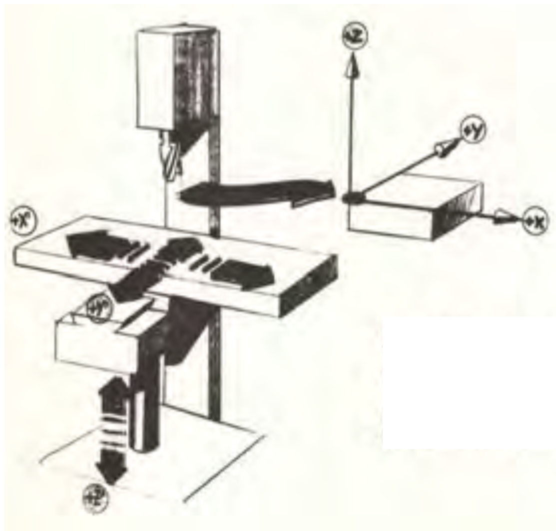
Gambar 10.2 (a) Mesin frais tegak dan (b) Mesin frais horisontal (datar)

Dilihat dari cara pergerakan sumbu, mesin tegak pun dapat terdiri dari paling tidak 2 jenis, yakni:

(a). Mesin Frais tegak – I:



(b). Mesin Frais tegak II:



Gambar 10. 3 Mesin Frais Tegak

Pada jenis mesin frais tegak jenis pertama ini, kepala frais dan pisaunya bergerak turun atau naik. Sementara gerak memanjang dan melintang dilakukan oleh motor penggerak meja.

Pada mesin frais tegak jenis kedua, kepala frais dan pisaunya tetap, sementara yang melakukan gerakan memanjang, melintang, turun atau naik dilakukan oleh penggerak meja.

Yang penting diketahui adalah jalannya pisau frais, karena dalam pemprograman, semua adalah sama, apakah selama proses pemesinan, eretannya atau pisaunya yang bergerak.

Untuk memerintahkan komputer menghitung nilai-nilai, maka perlu diberikan informasi kunci, yang dilakukan dengan instruksi G. Tujuannya adalah membuat uraian sesederhana mungkin dalam melaksanakan jalannya gerakan-gerakan. Oleh karena itu, Anda dapat memprogram titik-titik dan jalannya gerakan-gerakan sedemikian rupa untuk menghindari perubahan ukuran yang ditetapkan dalam gambar kerja.

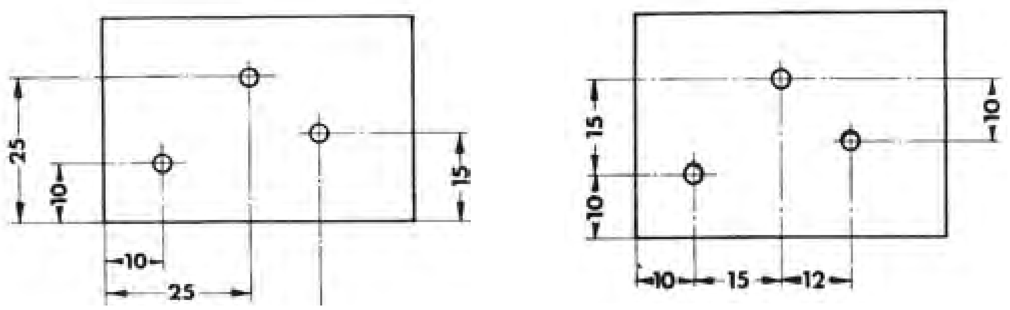
## 10.2 Metoda Pemprograman Mesin Frais CNC

Pada dasarnya ada dua metoda pemprograman untuk menyatakan jalannya alat potong dalam pembentukan/pemesinan benda kerja, yakni absolut dan inkremental.

**Absolut** merupakan metoda penyampaian informasi dalam penyusunan program CNC tentang jalannya alat potong yang berpedoman pada satu titik nol.

**Inkremental** merupakan metoda penyampaian informasi dalam penyusunan program CNC tentang jalannya alat potong yang didasarkan pada beberapa titik awal, di mana titik akhir terdahulu menjadi titik awal untuk langkah berikutnya.

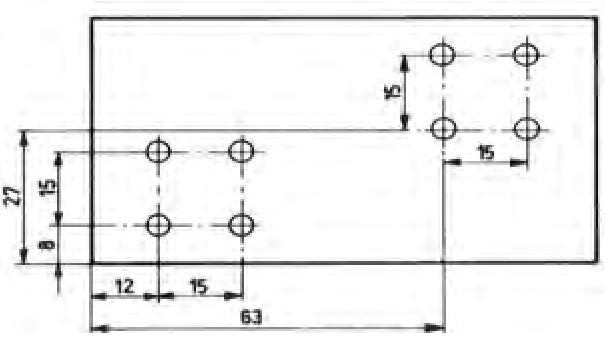
Kedua metoda ini tidak hanya ditemukan dalam pemprograman CNC, tetapi juga dalam penempatan ukuran dalam gambar kerja, seperti Gambar 10.4:




(a) Metoda Absolut (b) Metoda Inkremental

Gambar 10.4 Metoda pencantuman ukuran dalam gambar kerja

Pada kebanyakan gambar teknik mesin, akan ditemukan juga pencantuman ukuran yang merupakan gabungan/campuran antara metoda absolut dan metoda inkremental, seperti terlihat pada Gambar 10.5



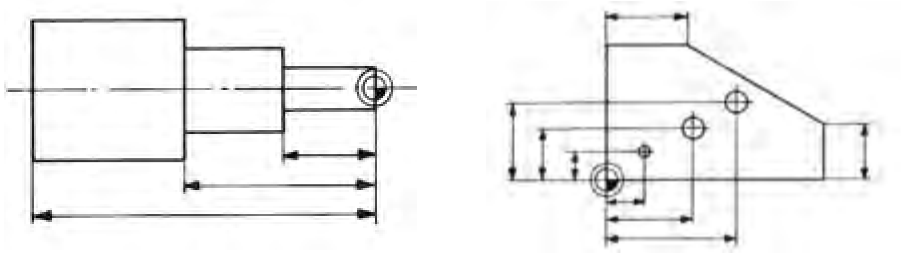

Gambar 10.5 Metoda pencantuman ukuran dengan metoda campuran

Ketika mesin frais CNC unit didaktik dihidupkan melalui sakelar utama, mesin dan kontrolnya berada dalam status mula. Salah satu kondisi status mula adalah mesin siap dioperasikan secara inkremental. Selain dari pada status mula kontrol, metoda pemrograman secara inkremental ini dapat juga diaktifkan dengan G91 dan dibatalkan dengan G90 (metoda absolut). Jadi meskipun status mula kontrol mesin dalam inkremental, dapat juga program diawali dengan blok G91, tetapi tidak wajib.

**Menentukan titik nol benda kerja pada gambar teknik**:

Dalam gambar teknik, ukuran-ukurannya sering berpedoman pada suatu titik referensi karena lebih praktis artinya tidak diperlukan lagi perjumlahan ukuran-ukuran tambahan, ketika diperlukan dalam pemesinan. Di samping itu, dalam pemprograman pun akan menjadi lebih mudah. Sebagai penyusun program CNC, titik nol benda kerja dapat ditentukan berdasarkan urutan pengerjaan yang paling praktis.

Titik nol benda kerja biasanya diberi huruf **W** singkatan dari ***Workpiece zero point*** atau dengan simbol , lihat penempatannya pada Gambar 10.6.



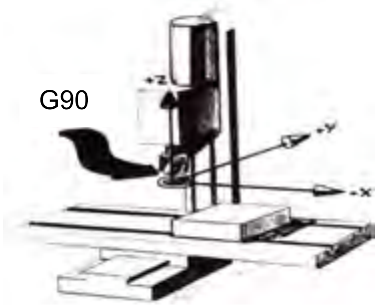
Gambar 10.6 Penempatan titik nol benda kerja

Kontrol mesin tidaklah mengetahui posisi benda kerja yang terpasang pada eretan atau ragum mesin. .Kontrol mesin juga tidaklah tahu membaca gambar teknik, sehingga juga tidak tahu pasti posisi titik nol benda kerja yang dikehendaki operator atau programmer. Itulah sebabnya perlu ditetapkan metoda pemprograman inkremental (G91) dan absolut (G90 atau G92). Dengan adanya fungsi G91 dan G90 atau G92, melalui pengendali lintasan alat potong yang harus dilakukan dalam pemesinan dapat dihitung. Dan melalui G90, G91 dan G92, posisi koordinat awal yang diinginkan harus dimasukkan ke pengendali/kontrol mesin.

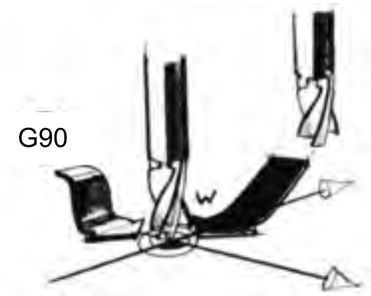
Menetapkan koordinat awal (titik nol benda kerja) pada mesin frais CNC unit didaktik:

Jika pada jalannya program, komputer menerima perintah G90, komputer akan menganggap bahwa posisi eretan aktual sebagai posisi titik nol.

Tetapi ketika pisau frais digerakkan ke titik nol yang diinginkan, lalu kemudian di programkan G90, maka titik terakhir inilah yang menjadi titik awal yang dikehendaki.




Posisi eretan



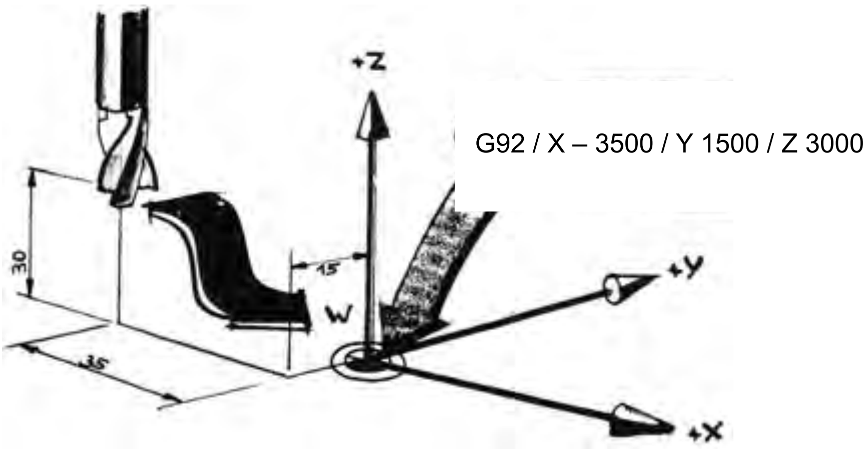

Posisi titik awal

Gambar 10.6 Posisi titik nol benda kerja

## 10.3 G92 — Penggeseran Titik Referensi Terprogram

Pada topik di atas telah dibahas penetapan titik nol benda kerja, dan posisi pisau frais pun jelas dapat diketahui, yaitu merupakan jarak titik nol benda kerja ke puncap mata alat potong (pisau frais).

Melalui fungsi G92, posisi puncak pisau frais dapat dinyatakan melalui pengalamatan posisi pada alamat-alamat sumbu X, Y, dan Z . Setelah titik nol benda kerja ditetapkan, masukkanlah nilai-nila jarak dari titik nol benda kerja ke puncak mata alat potong, lihat ilustrasi pada Gambar 10.7.



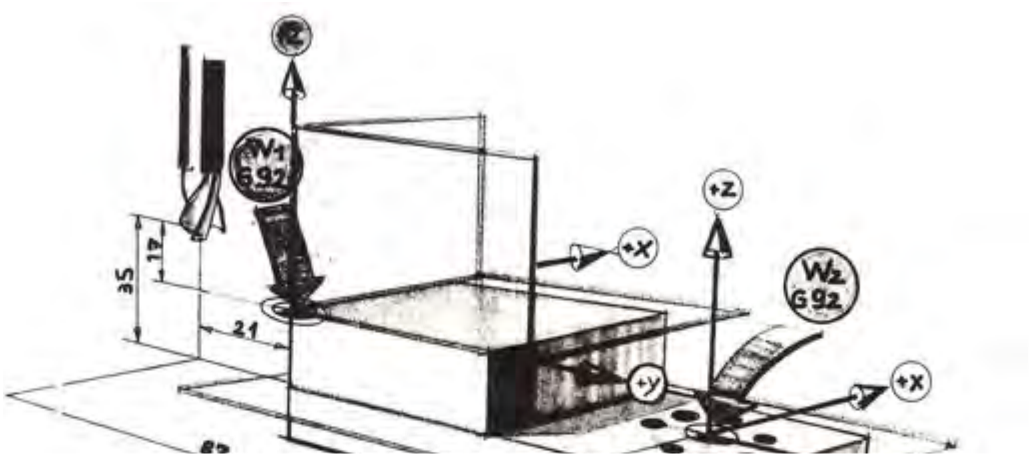

Gambar 10.7 Nilai-nilai jarak titik nol benda kerja ke puncak pisau frais

***Catatan*** :
- G92 adalah informasi, bukan perintah untuk jalan
- G92 berarti pemprogram secara otomatis merupakan program absolut
- G92 berarti titik nol benda kerja dapat digeser sesering yang diinginkan.

**Beberapa Titik Nol Benda Kerja Dalam Satu Program**:

Sering kali karena kerumitan bentuk atau kontur suatu benda kerja, maka perlu ditetapkan lebih dari satu titik nol benda kerja. Titik nol benda kerja yang

ditetapkan terdahulu akan otomatis batal oleh titik nol terbaru. Ketika $W_1$ ditetapkan dan diprogram, bidang 1 dikerjakan, $W_2$ ditetapkan dan diprogram, bidang 2 dikerjakan dan seterusnya. Yang perlu diketahui ialah agar penetapan titik nol terbaru didasarkan pada titik nol alat potong awal sehingga program CNCnya dapat menghasilkan ukuran-ukuran yang akurat, perhatikan ilustrasi pada Gambar 10.8



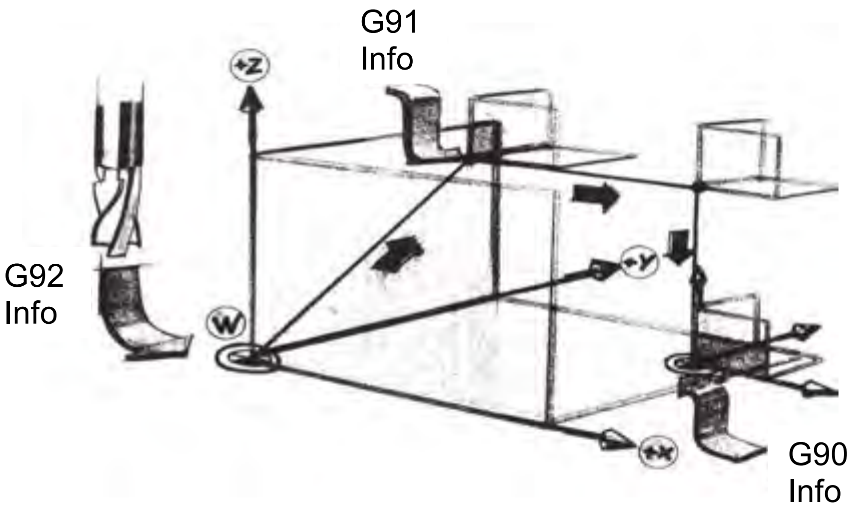

Gambar 10.8 Pemprograman 2 titik nol benda kerja , $W_1$ dan $W_2$.

Informasi dari Gambar 10.8 diperoleh data untuk G92, seperti berikut:

| N | G (M) | X (I)(D) | Y (J)(S) | Z (K) | F (L)(T) (H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 92 | – 2100 | 0 | 1700 | | **$W_1$** |
| ... | | | | | | |
| ... | 92 | – 8700 | 0 | 3500 | | **$W_2$** |
| ... | | | | | | |

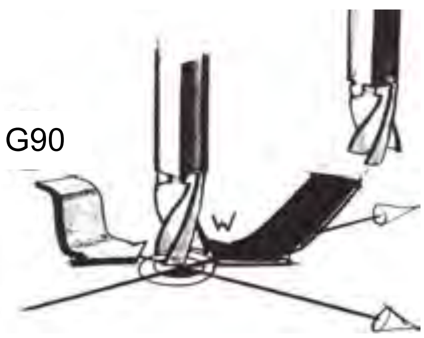
**Pemprograman Campuran**:

Dalam satu program yang sama, metoda pemprograman absolut dapat diubah ke pemprograman inkremental atau sebaliknya, lihat ilustrasi pada Gambar 10.9.




Gambar 10. 9 Informasi metoda pemprograman

**Pemprograman titik nol benda kerja asli (*original*) yang ditetapkan.**

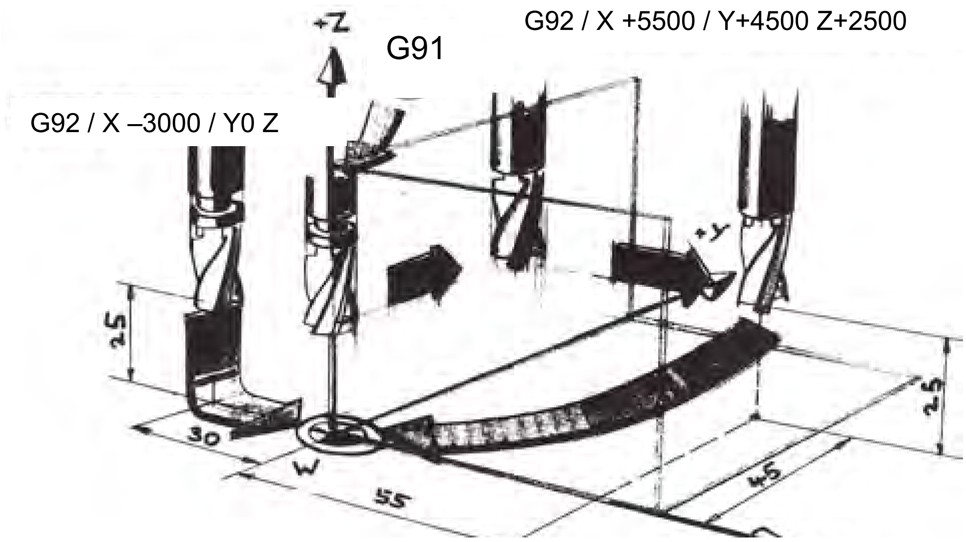



Gambar 10.10 Pemprograman titik nol

Jika titik nol benda kerja asli (*original*) ditetapkan, maka haruslah

- menggerakkan terlebih dahulu puncak mata pisau frais ke titik nol benda kerja, lalu memprogram G90,

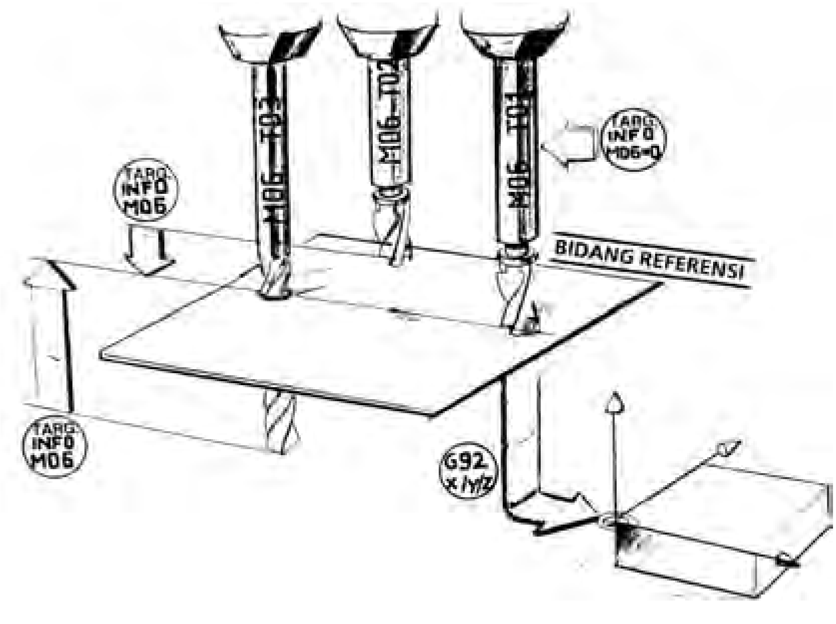
  atau
- menyatakan posisi aktual puncak mata pisau frais dari titik nol benda kerja yang asli.




Gambar 10.10 Pemprograman titik nol benda kerja yang asli

**Hubungan G92 — Penggeseran titik nol dengan M06 — Kompensasi panjang pisau frais.**

Dengan G92, sistem koordinat asli (*original*) ditetapkan. Sementara Informasi selisih panjang alat potong (pisau frais) yang diukur secara inkremental dengan sistem koodinat bebas, lihat ilustrasi pada Gambar 10.11.




Gambar 10.11 Hubungan G92 dengan M06

***Catatan***: Lihat ilustrasi pada Gambar 10.12

1). Menentukan titik nol benda kerja pada gambar

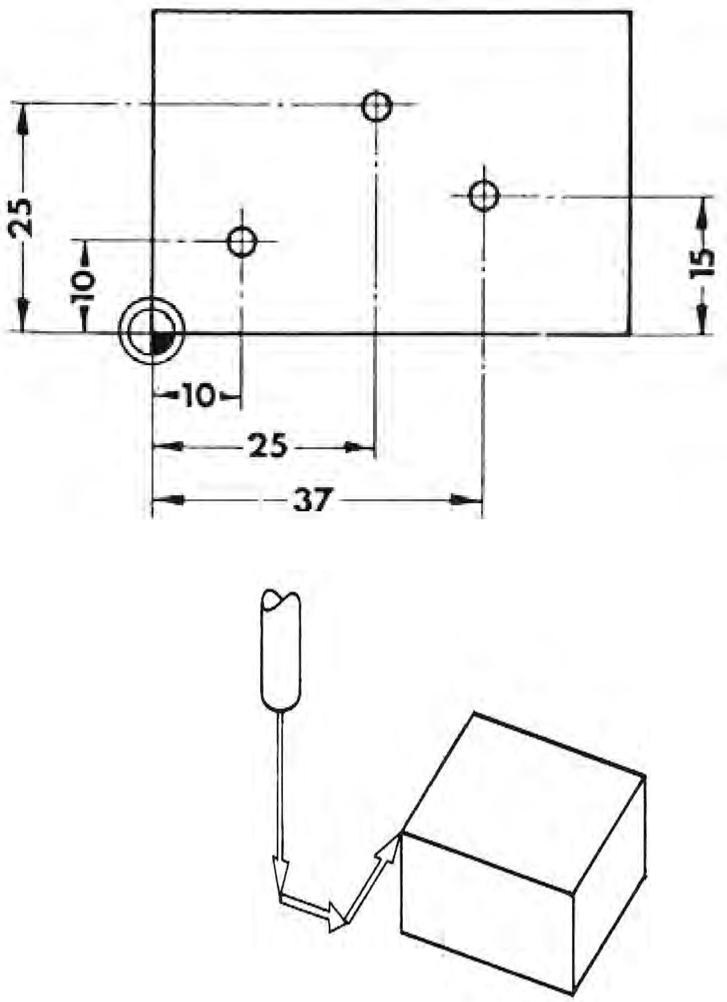
Selalulah perhatikan gambar kerja, di mana yang terbaik penempatan titik nol benda kerja. Tentukanlah titik nol benda kerja pada gambar kerja yang ada.

2). Menentukan titik awal dari program

3). Mengukur pisau frais.

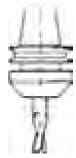
Ukurlah panjang pisau frais, dan tuliskan data panjangnya ke dalam lembar penyetelan, khususnya ketika pisau frais yang digunakan lebih dari satu.

4). Melaksanakan penggeseran titik nol benda kerja




Gambar 10.12 Penetapan titik nol benda kerja dan penentuan titik awal

Lembar pencatatan data alat potong

| |  |  |  | |
|---|---|---|---|---|
| d | 40 | 10 | 16 | |
| D = ½ d | 20 | 5 | 8 | |
| F | 80 | 160 | 40 | |
| t | 0.7 | 5 | 8 | |
| S | 1100 | 20000 | 2000 | |
| HZ | 0 | 650 | –320 | |
| HZK | | | | |

**Pemfraisan.**

Dalam pemfraisan (operasi pemesinan) ada beberapa hal yang perlu diperhatikan, yang harus dilakukan terlebih dahulu. Misalnya beberapa benda kerja yang bentuknya sama harus diproduksi. Untuk ini, posisi benda kerja harus selalu terpasang pada posisi yang sama di antara mulut ragum. Oleh karena itu, maka:

1). pasang ragum di atas meja mesin dan ikat dengan kencang ragum mesin di atas meja tersebut.
- Ke arah Y, posisi benda kerja selalu sama ke arah rahang tetap ragum.
- Ke arah X dengan pembatas, dan
- Ke arah Z dengan dudukan (paralel) yang sama.

2). Goreslah tiga permukaan referensi dan gerakkan pisau frais ke titik awal program (=titik akhir program = Titik penggantian alat potong), lihat ilustrasi pada Gambar 10.13.



(a) Arah Y (b) Arah X (c) Arah Z

Gambar 10.13 Langkah penyetelan titik nol benda kerja

## 10.4 Pengendalian Pada Mesin Frais CNC

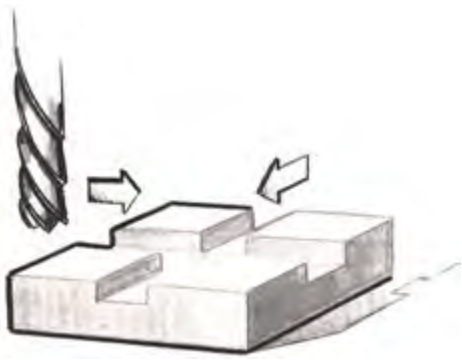
(a). Pengendalian titik ke titik.



Gambar 10.14 Pengendalian titik-ke-titik

- Alat potong (pisau frais) hanya dapat bergerak dari titik ke titik
- Kecepatan gerak alat potong tidak tercatat
- Jalannya puncak mata alat po-tong dari titik ke titik tidak dilu-kiskan, karena hanya posisi akhir harus benar.

Kondisi ini dapat ditemukan pada mesin bor, tetapi sudah jarang dipa-kai, karena pengendaliannya adalah garis lurus dan jaraknya kontur sama.



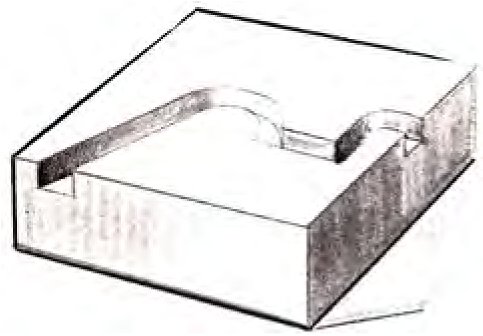
(b). Pengendalian garis lurus.

Gambar 10.15 Pengendalian lurus

Dalam hal ini, pisau bergerak dengan;

- kecepatan yang ditentukan (terprogram)
- gerakannya sejajar sumbu, baik Sumbu X, sumbu Y, maupun sumbu Z, tetapi dua eretan tidak pernah bergerak bersamaan.
  Kondisi seperti ini tidak diguna-kan lagi, dan diganti dengan pengendalian kontur.

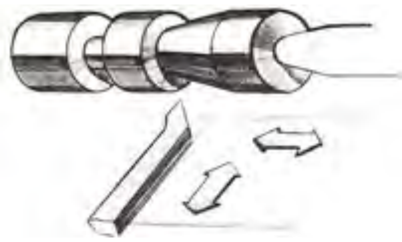
(c). Pengendalian kontur.



Dalam hal ini, beberapa sumbu dapat bergerak bersamaan de-ngan kecepatan pemakanan ter-program di mana gerakannya dapat lurus atau melingkar.
Kondisi ini dapat ditemukan pada mesin CNC. Pengendalian kon-tur ini dapat dibagi dalam tiga je-nis, yakni:

Gambar 10.16 Pengendalian kontur

(c.1). Pengendalian 2 D (dua dimensi)



Pengendalian dua dimensi dapat ditemukan pada mesin bubut, mesin frais sederhana, mesin gambar, dan mesin pons.

Gambar 10.17 Pengendalian kontur 2 sumbu

(c.2). Pengendalian dua setengah sumbu

Tigakali dua sumbu dapat digerakkan secara bersamaan dengan kecepatan terprogram, perhatikan lintasan yang diilustrasikan pada Gambar 10.18.



Gambar 10.18 Pengendalian kontur 2 setengah sumbu

(c.3). Pengendalian kontur tiga sumbu

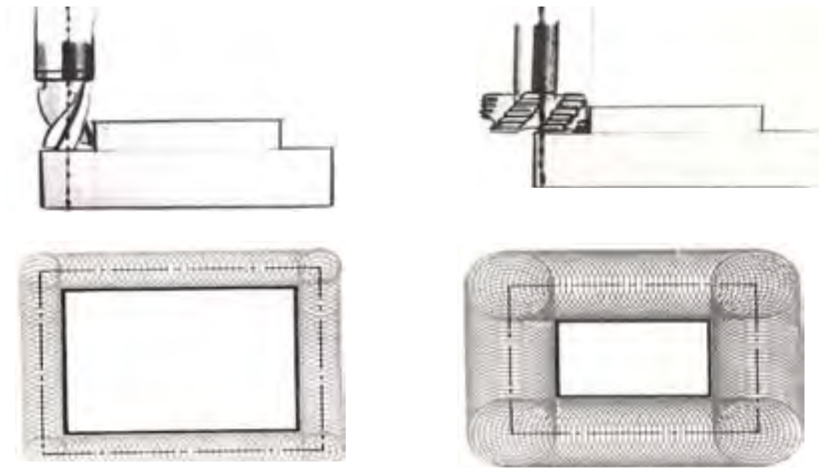
Ketiga sumbu dapat bergerak bersamaan sesuai lintasan yang dikehendaki dengan kecepatan terprogram. Pengendali seperti ini ditemukan pada mesin frais 3-dimensi. Perlu diperhatikan, ketika pemesinan dalam 3-D, gunakanlah pisau khusus atau pisau frais dengan ujung radius.

## 10.5 Jalannya Alat Potong (Pisau Frais)

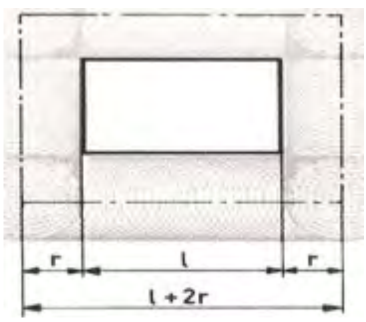
Jalannya pisau frais dinyatakan pada titik pusat mata pisau, karena pisau frais berbentuk lingkaran, jadi ada radius. Ketika pemfraisan suatu kontur dilakukan, diameter pisau frais akan melakukan pengurangan material tergantung besarnya kontak antara diameter pisau dengan benda kerja. Jika memprogram titik pusat lintasan alat potong, titik tujuan disebut dengan titik bantu.

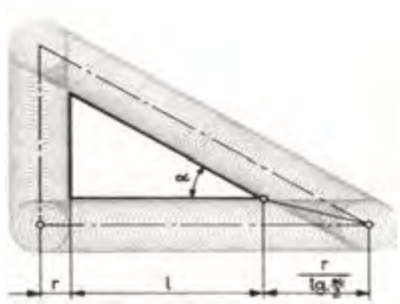
Jika membuat kontur paralel sumbu, maka radius pisau fraisnya harus ditambahkan atau dikurangkan dari konturnya, tergantung bentuk yang akan dihasilkan, lihat gambar 10.19.

Untuk membuat kontur yang tidak sejajar dengan sumbu, maka titik bantunya (*Auxiliary point*) harus dihitung, dengan fungsi trigonometri segitiga siku-siku, Gambar 10.20. dan 21



Gambar 10.19 Lintasan pisau frais



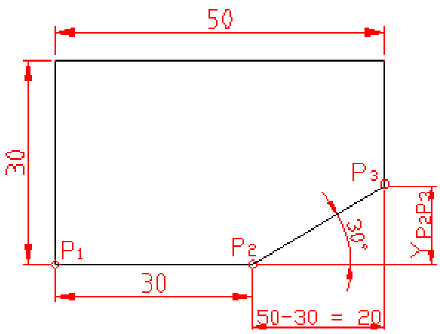

Gambar 10.20 Pengaruh radius pisau frais sejajar sumbu.

Gambar 10.21 Pengaruh radius pisau frais tidak sejajar sumbu

Dalam banyak hal, koordinat titik-titik pertemuan harus dihitung dengan trigonometri, karena koordinat titik-titik tersebut tidak ditunjukkan dalam gambar teknik.

## 10.6 Perhitungan Koordinat

### Peralihahan Garis Lurus Sejajar Sumbu — Garis Lurus Menyudut




Pada peralihan garis lurus sejajar sum-bu dengan garis lurus menyudut, seperti terlihat pada Gambar 10.23, di mana koordinat Y pada titik $P_3$ tidak diketahui, dan harus dihitung, yakni dengan;

$\tan \propto \ = Y (P_2P_3) / 20$

$Y(P_2P_3) = \tan \propto \times 20 \rightarrow \tan 30 \times 20.$

$= 0.57735 \times 20 = 11.54$ mm

Gambar 10.23 Peralihan garis lurus sejajar sumbu dengan garis lurus menyudut

### Peralihahan Garis Lurus Sejajar Sumbu — Busur Tangensial

Pada peralihan garis lurus sejajar sumbu dengan busur tangensial, seperti terlihat pada Gambar 10.24, di mana koordinat X pada titik S (titik pertemuan) dan X dari $P_2$ tidak diketahui, dan harus dihitung, yakni dengan;

$\tan \propto = X / 30$

$X = \tan \propto \times 30$

$= \tan 30° \times 30$

$= 0.57735 \times 30 = 17.32$ mm

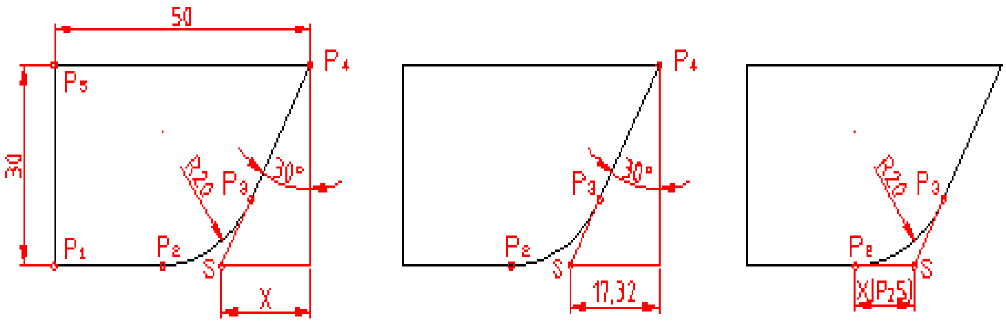
Jarak $P_1$ ke S $= 50 - 17.32$

$= 32.68$ mm

Jarak $P_2$ ke S $= \tan \propto \times 20$

$= \tan 30° \times 20$

$= 11.574 \text{ mm} \approx 11.55$




Gambar 10.24 Peralihan garis lurus sejajar sumbu dengan busur tangensial

Sementara Koordinat X dan Y pada titik $P_3$, lihat Gambar 10.24, dapat dihitung dengan:

$SP_3 = SP_2 = 11.55$ mm, maka;

$\sin \propto = X/(SP_3)$ ... $\rightarrow X = \sin 30° \times SP_3 = \sin 30° \times 11.55 = 0.5 \times 11.55$

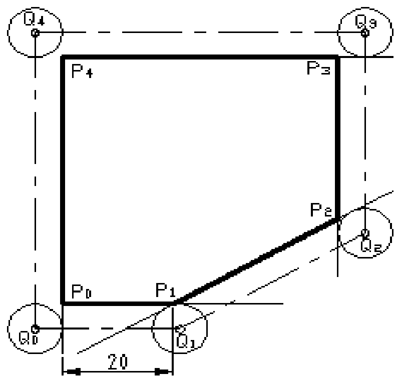
**X** $= 5.775 \approx 5.78$ mm

$\cos \propto = Y/(SP_3)$ ... $\rightarrow Y = \cos 30° \times SP_3 = \sin 30° \times 11.55 = 0.866 \times 11.55$

**Y** $= 10.0025 \approx 10$ mm.

**Perhitungan Titik Bantu**

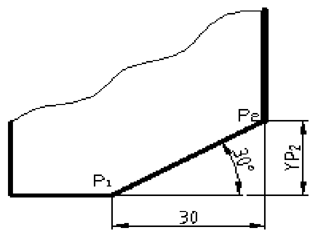
Sesuai dengan kontur benda kerja, Anda akan menyusun program CNC berdasarkan lintasan sumbu pisau frais. Oleh karena itu, sebaiknya Anda melakukan perhitungan terlebih dahulu, khususnya untuk koordinat pada titik $Q_1$ dan $Q_2$, lihat Gambar 10.25.

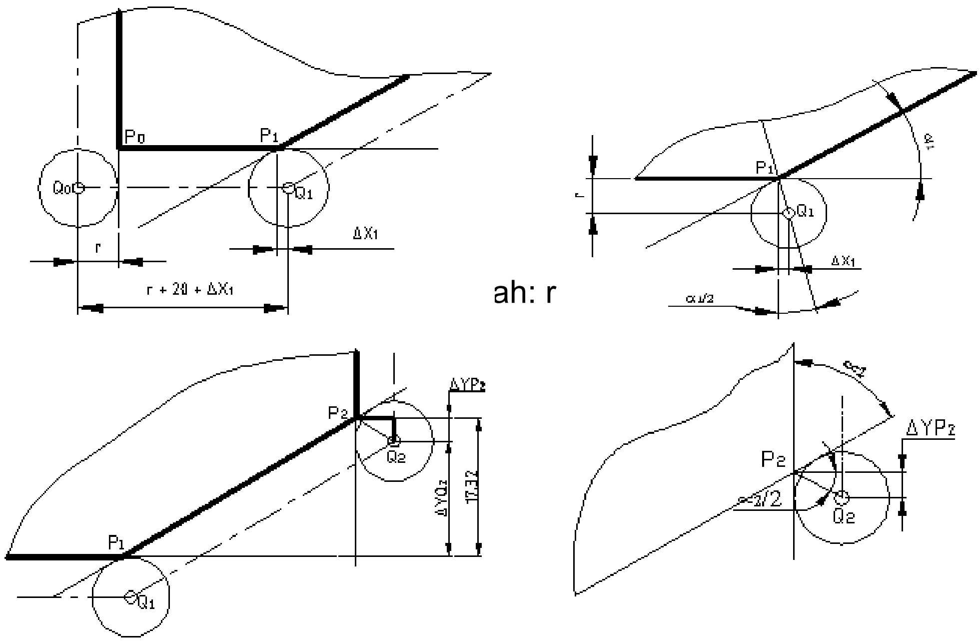



Jika diameter pisau frais 10 mm dan

Tan $\propto$ = ($YP_2$) / 30

Y




ah: r

Gambar 10.25 Benda kerja dan sumbu lintasan pisau frais

tan $\propto_1/2 = \Delta X_1/r$

$\Delta X_1$ = tan $\propto_1/2$ x r = tan 15° x 5 = 0.2694 x 5 = 1.34 mm

Jadi jarak $Q_0$ ke $Q_1$ adalah = 5 + 20 + 1.34 = 26.34mm

Koordinat $Q_0$ = titik nol benda kerja, di mana pada $Q_0 \rightarrow$ X,Y = 0,0.

Dari Gambar 10.25 juga dapat dihitung koordinat pada $YQ_2$, yaitu dengan;

$YQ_2 = 17.32 - \Delta YP_2$

tan $\propto_2/2 = (\Delta YP_2) / r \Rightarrow \Delta YP_2 = r \times \tan \propto_2/2 \Rightarrow \Delta YP_2 = 5 \times \tan 30°$

$\Rightarrow \Delta YP_2 = 5 \times 0.57735$

$\Delta YP_2 = 2.887$ mm

Jadi: $YQ_2 = 17.32 - 2.887$

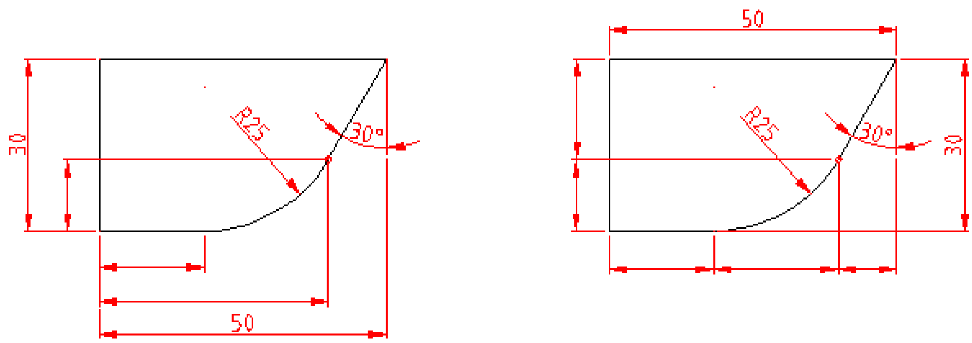
$YQ_2 = 14.43$ mm

Pada $Q_1 \rightarrow$ X,Y = 26.34,0 dan pada $Q_2 \rightarrow$ X,Y = 60,14.45

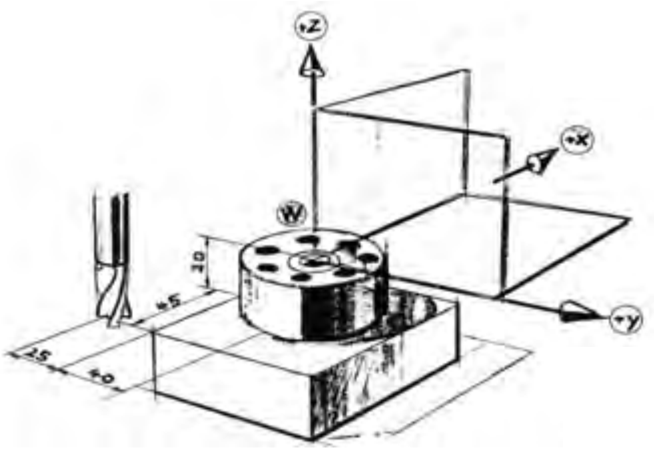
Koordinat $YP_2 = \tan 30° \times 30 = 0.57735 \times 30 = 17.32$ mm (Gambar 10.25)

## c. Tugas

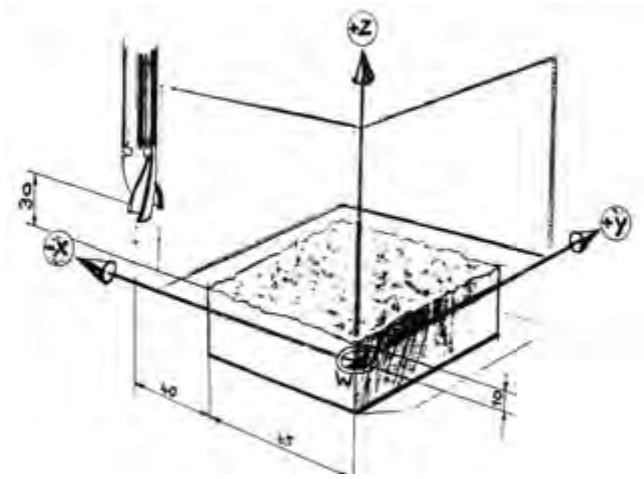
1. Setelah melakukan perhitungan dengan trigonometri, lengkapi gambar di bawah dengan ukuran berdasarkan absolut dan inkremental.



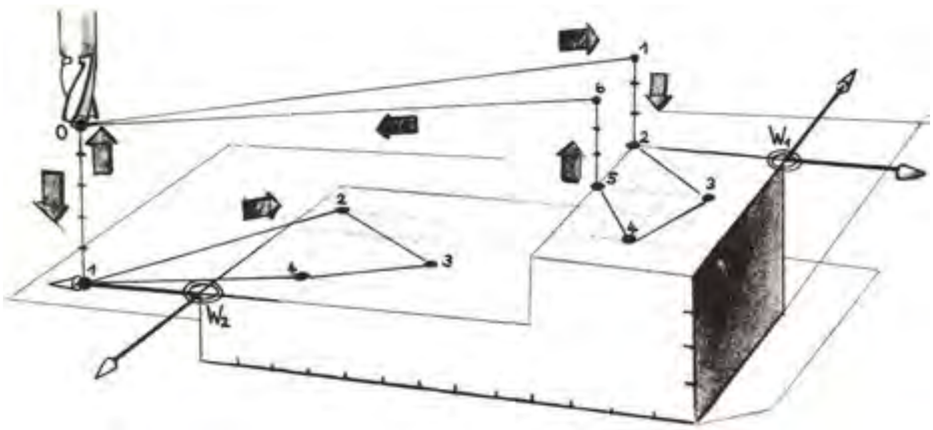

2. Masukkanlah data penggeseran titik nol benda kerja (G92) pada alamat-alamat X, Y, dan Z berdasarkan data gambar di bawah:.



3. Masukkanlah data penggeseran titik nol benda kerja (G92) pada alamat-alamat X, Y, dan Z berdasarkan data gambar di bawah:.




4. Programlah titik-titik nol, dan jalan yang akan dilintasi untuk gambar di bawah:



## d. Tes Formatif

1. Dengan sistem koordinat, jelaskan arah pergerakan eretan arah:
   a. - X,
   b. + X,
   c. - Y,
   d. + Y,
   e. - Z,
   f. + Z.
   masing-masing pada mesin frais tegak dan mesin frais datar.
2. Jelaskan sistem koordinat mesin frais
3. Sebutkan 2 metoda pemprograman pada mesin frais CNC!
4. Jelaskan hubungan G92 dengan titik nol benda kerja (W)
5. Bagaimanakah format blok untuk penggunaan G92 dalam mesin Frais.

## 11. Kegiatan Belajar 11

# SISTEM PEMROGRAMAN MESIN FRAIS CNC UNIT DIDAKTIK

**Tujuan Pembelajaran:**

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 11 ini, siswa dapat;

1). mengelompokkan data program pemesinan,
2). mengidentifikasi kode-kode G dan M,
3). menjelaskan sistem koordinat CNC, dan
4). memahami proses kerja CNC.

**Materi**

Mengkonversi gambar cetak menjadi program komponen dapat dilakukan baik secara manual atau dengan bantuan bahasa komputer tingkat tinggi. Dalam kedua hal tersebut, programmer menentukan parameter pemotongan, seperti kecepatan spindel, dan kecepatan pemakanan yang didasarkan atas sifat-sifat benda kerja, bahan alat-potong, dan batasan mesin perkakas. Oleh karena itu, programmer harus memiliki pengetahuan yang cukup luas tentang proses pemesinan dan mengetahui kemampuan mesin perkakas.
Bisa dibayangkan urutan pengerjaan pada waktu pemesinan, benda kerja harus dipasang dan dibuka, alat potongnya harus diganti. Titik awal dari programnya harus dipilih sedemikian, agar semua proses pemesinan dapat dilaksanakan tanpa rintangan yang berarti.

## 11.1 Pengenalan Sistem Pemprograman

Program NC dari suatu komponen terdiri dari sekumpulan data yang diperlukan untuk menghasilkan komponen, perhitungan lintasan alat-potong yang akan membentuk komponen — benda kerja. Data-data tersebut disusun dalam suatu format standar yang dapat diterima MCU tertentu.

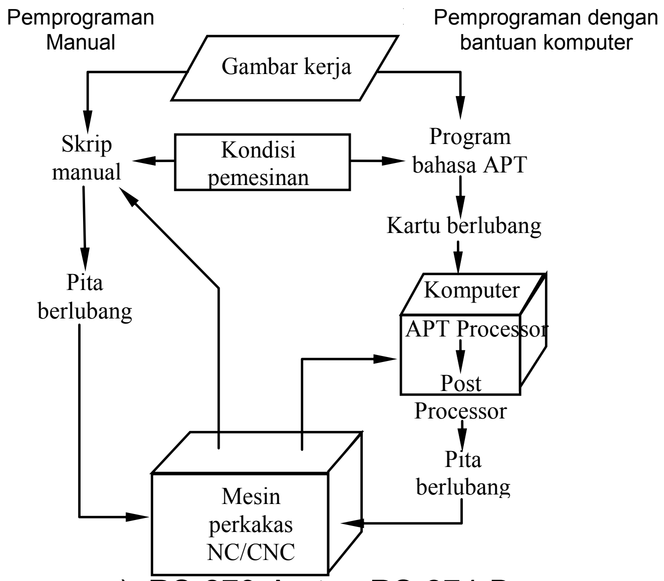
Data yang diperlukan untuk menghasilkan suatu komponen dapat dikelompokkan sebagai berikut:

a. Informasi yang diambil langsung dari gambar kerja: dimensi, seperti panjang, tebal, tinggi, diameter, dan lain-lain; bentuk segmen: linier, radius, atau parabola; diameter luar atau diameter dalam. Lintasan alat-potong dihitung berdasarkan informasi ini.

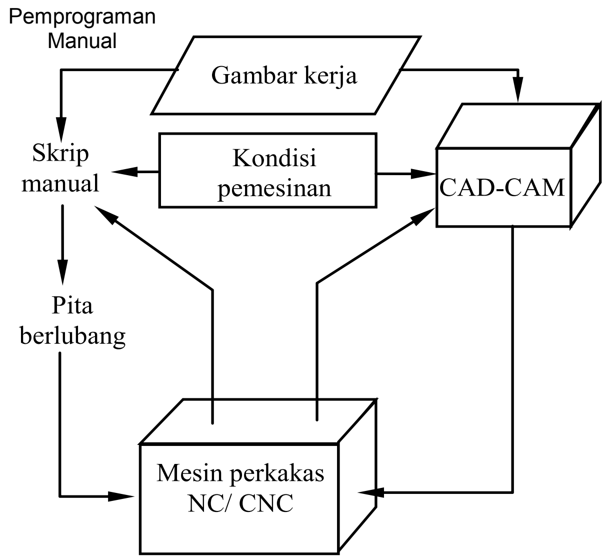
b. Parameter pemesinan yang berkaitan dengan kualitas permukaan, toleransi yang dibutuhkan, dan jenis benda-kerja dan alat-potong: pemakanan, kecepatan potong, dan fungsi bantu seperti menghidupkan dan mematikan aliran cairan pendingin.

c. Data ditentukan oleh programmer bagian / komponen, seperti arah pemotongan dan penggantian alat-potong. Programmer menetapkan urutan operasi optimal yang diperlukan untuk menghasilkan komponen yang dibutuhkan. Oleh karena itu, programmer harus mengetahui betul proses pempabrikan dan memiliki pengetahuan rinci tentang sifat-sifat sistem CNC tertentu.

d. Informasi bergantung pada sistem CNC tertentu, seperti interfal percepatan dan perlambatan, dan pemprograman mesin dua spindel. Apabila menggunakan bahasa komputer dalam pemprograman, maka semua fungsi dikerjakan dengan program postprocessor.




a). RS-273-A atau RS-274-B




b). RS-232

Gambar 11.1. Perbandingan antara Pemprograman secara manual dengan bantuan komputer

Media kendali sistem NC distandarisasikan hanya untuk pita berlubang digunakan (RS-273-A dan RS-274-B standar EIA) yang sekarang ini paling banyak digunakan pada mesin NC dan CNC. Sementara mesin perkakas CNC EMCO menggunakan RS-232 standar EIA dengan menggunakan kaset pita magnit dan/atau disket.

Ada dua macam teknik pemprosesan data yang dapat digunakan untuk menghasilkan program, yakni manual, dan dengan bantuan komputer, seperti CAD – CAM.

Semua data dituangkan ke dalam suatu format, di mana format terdiri dari alamat-alamat:

N = alamat nomor blok

G = fungsi pengolahan/persiapan (*preparatory*), preparatory ini berfungsi untuk mempersiapkan sirkit MCU untuk melakukan suatu mode operasi khusus. Oleh karena itu, fungsi *preparatory* ini mendahului kata dimensi (alamat Z, Y, dan Z). Fungsi *pereparatory* diberikan dan dijelaskan pada Tabel. 11.1.

M = Fungsi serbaguna (*miscellaneous)*, kata untuk fungsi *miscellaneous* ini terdiri dari dua digit. Fungsi ini berkaitan dengan informasi serbaguna yang tidak ada hubungannya dengan gerakan dimensional mesin, seperti perintah spindel, coolant ON dan OFF, dan fungsi lainnya yang dijelaskan dalam Tabel 2.2.

X = alamat lintasan arah sumbu ± X (0.01 mm atau 0.001 inci).

I = alamat parameter radius arah sumbu X (0.01 mm atau 0.001 inci).

D = alamat radius alat potong

Y = alamat lintasan arah sumbu ±Y (0.01 mm atau 0.001 inci).

J = alamat parameter radius arah sumbu Y (0.01 mm atau 0.001 inci).

S = alamat kecepatan spindel

Z = alamat lintasan arah sumbu ± Z (0.01 mm atau 0.001 inci).

K = alamat parameter radius arah sumbu Z (0.01 mm atau 0.001 inci).

T = alamat pergantian alat-potong (T...)

F = alamat kecepatan pemakanan dalam mm/min

L = alamat nomor blok lompatan atau nomor anak-program

H = alamat parameter kedalaman pemotongan

**Tabel 11.1 Fungsi Pereparatory — Kode G**

| Kode | Fungsi | Uraian |
|---|---|---|
| G00 | Penempatan, point | Penempatan alat potong tanpa beban, |

| | | |
|---|---|---|
| | to point | dengan blok format:<br>V: N3/ G00 / X ±5 / Y ±4/ Z ±5<br>H: N3/ G00 / X ±4 / Y ±5/ Z ±5 |
| G01 | Interpolasi linier | Pemotongan lurus atau miring dengan blok format:<br>V: N3/ G01 / X ±5 / Y ±4/ Z ±5 / F3<br>H: N3/ G01 / X ±4 / Y ±5/ Z ±5 / F3 |
| G02 | Interpolasi radius (+) | Pemotongan radius searah putaran jarum jam dengan:<br>V: N3/ G02/ X ±5 / Y ±4/ Z ±5 / F3<br>H: N3/ G02/ X ±4 / Y ±5/ Z ±5 /F3<br>-- N3/ M99 / I2 / J2 / K2 — Radius kurang dari satu kuadrant |
| G03 | Interpolasi radius (-) | Pemotongan radius berlawanan dengan arah putaran jarum jam dengan:<br>V: N3/ G03/ X ±5 / Y ±4/ Z ±5 / F3<br>H: N3/ G03/ X ±4 / Y ±5/ Z ±5 /F3<br>-- N3/ M99 / I2 / J2 / K2 — Radius kurang dari satu kuadrant |
| G04 | Dwell time | Waktu tinggal diam, misalnya untuk memutus beram<br>N3 / G04 / X5 |
| G21 | Blok kosong | Tempat untuk blok sisipan, dengan blok format:<br>N3 / G21 |
| G25 | Program sub-rutin | Anak program utama yang mempunyai bentuk sebangun:<br>N3 / G25 / L3 |
| G27 | Instruksi lompatan | Melompati blok dalam program yang tidak perlu dikerjakan:<br>N3 / G27 / L3 |
| G40 | Fungsi pembatalan | Membatalkan kompensasi radius alat |

| | | |
|---|---|---|
| | kompensasi radius | potong,<br>N3 / G40 |
| G45 | Penambahan radius | Menambah radius alat-potong dari posisi alat potong<br>N3 / G45 |
| G46 | Pengurangan radius | Mengurangi radius alat-potong dari posisi alat-potong<br>N3 / G46 |
| G47 | Penambahan diameter | Menambah diameter alat-potong dari posisi alat potong<br>N3 / G47 |
| G48 | Pengurangan diameter | Mengurangi diameter alat-potong dari posisi alat-potong<br>N3 / G48 |
| G64 | Pemutusan arus ke motor step | Memutuskan arus ke motor step, bila sedang istirahat:<br>N3 / G64 |
| G65 | Operasi disket atau pita magnetik | Menyimpan dan mengeluarkan program dari dan ke kontrol:<br>N3 / G65 |
| G66 | Mengaktifkan interfis RS 232 | Menyimpan dan mengeluarkan program dari/ke komputer<br>N3 / N66 |
| G72 | Siklus pempraisan kantung | Membuat kantung secara komplit, dengan blok format:<br>V: N3 / G72 / X ±5 / Y±4 / Z ±5 / F3<br>H: N3 / G72 / X ±4 / Y±5 / Z ±5 / F3 |
| G73 | Siklus pemutus beram | Membuat lubang dengan pemutusan beram:<br>N3 / G73 / Z ±5 / F3 |
| G74 | Siklus pemotongan ulir | Membuat ulir kiri<br>N3 / G74 / K3 / Z ±5 / F3 |
| G81 | Siklus pemboran | Membuat lubang dangkal |

| | | |
|---|---|---|
| | tetap | N3 / G81 / Z ±5 / F3 |
| G82 | Siklus pemboran tetap dengan dwell | Membuat lubang dalam dengan waktu tinggal diam<br>N3 / G82 / Z ±5 / F3 |
| G83 | Siklus pemboran tetap dengan pemutusan beram | Membuat lubang dalam dengan pemu-tusan beram<br>N3 / G83 / Z ±5 / F3 |
| G84 | Siklus pemotongan ulir | Mengetap ulir di mesin<br>N3 / G84 / K3 / Z ±5 / F3 |
| G85 | Siklus peluasan lubang | Mereamer lubang<br>N3 / G85 / Z±5 / F3 |
| G89 | Siklus peluasan lu-bang, dengan dwell | Mereamer lubang dan dengan pemu-tusan beram<br>N3 / G89 / Z±5 / F3 |
| G90 | Pemrograman nilai absolut | Mengaktifkan dan menyusun program dalam sistem absolut<br>N3 / G90 |
| G91 | Pemrograman nilai inkremental | Mengaktifkan dan menyusun program dalam sistem inkremental<br>N3 / G91 |
| G92 | Offset titik referensi | Menyimpan data jarak posisi alat potong ke titik nol benda kerja<br>V: N3 / G92 / X ±5 / Y±4 / Z ±5<br>H: N3 / G92 / X ±4 / Y±5 / Z ±5 |
| Angka dalam alamat N, X, Y, Z, dan F adalah mewakili jumlah digit data yang diizinkan. | | |

**Tabel 11.2 Fungsi Miscellaneous — Kode M**

| Kode | Fungsi | Uraian |
|---|---|---|
| M00 | Tahan antara | Menahan pemesinan sementara, misalnya untuk memeriksa ukuran: |

| | | |
|---|---|---|
| | | N3 / M00 |
| M03 | Spindel mesin ON | Menghidupkan spindel mesin searah putaran jarum jam<br>N3 / M03 |
| M04 | Spindel mesin ON | Menghidupkan spindel mesin berlawanan arah dengan putaran jarum jam — **tidak digunakan** |
| M05 | Spindel mesin OFF | Mematikan spindel<br>N3 / M05 |
| M06 | Offset alat potong | Mengaktifkan masukan radius alat-potong<br>N3 / M06 / D5 / S4 / Z ±5 / T3 |
| M17 | Kembali ke program utama | Kembali dari anak program ke program utama<br>N3 / M17 |
| M08 | *Coolant ON* | tidak digunakan |
| M09 | *Coolant OFF* | tidak digunakan |
| M20 | | tidak digunakan |
| M21 | | tidak digunakan |
| M22 | | tidak digunakan |
| M23 | | tidak digunakan |
| M26 | | tidak digunakan |
| M30 | Akhir program | Penutup program:<br>N3 / M30 |
| M98 | Kompensasi kelonggaran otomatis | N3 / M98 / X3 / Y3 / Z 3 |
| M99 | Parameter interpolasi radius | Berkaitan dengan G02 dan G03, apabila radius yang akan dibuat lebih kecil atau kurang dari 1 kuadran (90°) |

**Tabel 11.3 Kemungkinan masukan berdasarkan kapasitas mesin frais CNC unit didaktik**

| Alamat | Masukan | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Nilai | Satuan | Nilai | Satuan |
| $X_V$ | 0 - 19999 | 1/100 mm | 0 - 7999 | 1/1000” |
| $X_H$ | 0 - 9999 | 1/100 mm | 0 - 3999 | 1/1000” |
| $Y_V$ | 0 - 9999 | 1/100 mm | 0 - 3999 | 1/1000” |
| $Y_H$ | 0 - 19999 | 1/100 mm | 0 - 7999 | 1/1000” |
| $Z_V$ | 0 - 19999 | 1/100 mm | 0 - 7999 | 1/1000” |
| $Z_H$ | 0 - 19999 | 1/100 mm | 0 - 7999 | 1/1000” |
| Radius | 0 - 9999 | 1/100 mm | 0 - 3999 | 1/1000” |
| D (X) Radius pisau frais dengan M06 | 0 - 9999 | 1/100 mm | 0 - 3999 | 1/1000” |
| F | 2 - 499 | mm/min. | 2 - 199 | 1/10”/min |
| T (F) Alamat alat-potong dengan M06 | 0 - 499 | 1 | 0 - 199 | 1 |
| L (F) Instruksi pelompatan | 0 - 221 | | | |
| H (F) Sinyal keluar M26 | 0 - 229 | | | |
| I ; J ; K Parameter radius | 0° - 90° | | | |
| Alamat-Alamat: **N, G, X, Y, Z ,D, I, J, K, L, M, T, S, H.** | | | | |

## 11.2 Struktur Program

Program NC selalu terdiri dari tiga bagian utama, yakni, kepala program, isi program, dan penutup program. Kepala program biasanya berisi informasi tentang titik nol benda kerja, jenis alat potong, kecepatan spindel, arah putaran spindel, kecepatan pemakanan, aliran cairan pendingin, dan lain sebagainya. Isi program berisi informasi tentang dimensi lintasan, sementara penutup program berisi akhir program seperti M30. Program NC dapat ditulis dalam format seperti di bawah ini:

Pada dasarnya semua isi program untuk semua mesin didasarkan pada sistem yang sama. Jadi tidak perlu ada kekuatiran, bahwa jika mesin berbeda, metoda pemprogramannya berbeda. Pemprograman semua program CNC adalah berdasarkan metoda absolut dan inkremental.

Format lembar pemprograman mesin Frais CNC unit Didaktik

Format blok pemprograman Inkremental tanpa — G91

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 00 | ... | ... | ... | ... | |

Format blok pemprograman Inkremental dengan — G91

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 91 | | | | | |
| ... | 00 | ... | ... | ... | ... | |

Format blok pemprograman Absolut —G90:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 90 | | | | | |
| ... | 00 | ... | ... | ... | ... | |

Format blok pemprograman Absolut —G92:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) (S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 92 | ±... | ±... | ±... | | |
| ... | 00 | ... | ... | ... | ... | |

## c. Tes Formatif

1. Faktor apa sajakah yang mempengaruhi kecepatan spindel dan kecepatan pemakanan! Jelaskan!
2. Informasi apa saja yang perlu diketahui dalam menyusun program CNC?

## 12. Kegiatan Belajar 12

# FUNGSI KERJA - G

## g. Tujuan Pembelajaran:

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 12 ini, siswa dapat, antara lain;

1). mengidentifikasi Kode – G
2). mengidentifikasi lembar pemprograman
3). mengendalikan parameter radius
4). mengedit program frais CNC.

## Uraian Materi

Titik awal dari program untuk alat potong harus menjadi titik akhir dari program, dengan kata lain ialah bahwa titik penggantian alat potong harus merupakan titik awal program.

Sebagaimana halnya dengan benda kerja bubut, pada benda kerja frais, gambar teknik adalah sangat membantu, sehingga lebih mudah memeriksa programnya.

Kalau pada masin bubut CNC, Anda memprogram jalannya puncak mata alat potong (pahat). Ujung pahat inilah yang menghasilkan kontur, dan karena gerakan puncak mata pahat hanya satu bidang, sehingga dapat diamati dan dikendalikan dengan mudah. Sementara dalam mesin frais, gerakan pisau frais bisa dalam tiga dimensi yang sulit dilukiskan, sehingga untuk itu pengalaman sangat diperlukan.



Dalam menyusum program CNC, titik awal program untuk alat potong seha-rusnya juga menjadi titik akhir dari pro-gram. Untuk mudahnya, titik pengganti-an alat potong juga merupakan titik awal alat potong. Oleh karena itu, goreskan atau sentuhkan permukaan referensi de-ngan menggerakkan alat potong (pisau frais), lalu jauhkan alat potong pada ja-rak yang aman dari benda kerja, se-hingga puncak mata alat potong berada di titik awal yang dipilih.

Gambar 12.1 Pisau frais dan benda kerja

Dengan demikian, Anda dapat mengamati, apakah lintasan pisau frais telah sesuai dengan yang dikehendaki.
Dan oleh karena itu pulalah maka gambar bantu sangat diperlukan, terutama untuk pemula. Kalau pada mesin bubut, anda melukiskan dan memprogram jalannya puncak mata alat potong, yang akan menghasilkan kontur komponen. Perhatikan bahwa gerakan puncak mata alat potong berada pada satu bidang. Sementara pada mesin frais, anda harus berpikir dalam ruang tiga dimensi. Meskipun lukisan tiga dimensi sangat nyata, tetapi tak mudah mengerjakannya. Terutama jalannya alat potong yang tidak sejajar dengan sumbu.

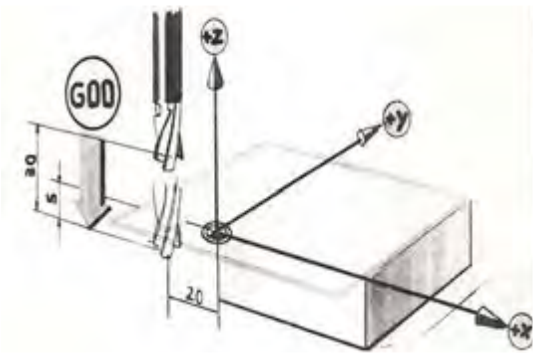
## 12.1 G00 — Fungsi Lintasan Cepat

G00 adalah fungsi lintasan dengan kecepatan maksimum — kecepatannya ditetapkan oleh pabrik pembuat dan bergantung pada konstruksi mesin perkakasnya). Khusus untuk EMCO unit didaktik, kecepatan lintasan ini adalah ± 700 mm/min — bandingkan dengan kecepatan terprogram maksimum 499 mm/min. Pada mesin yang lainnya, kecepatan untuk G00 ini bisa sampai 50 m/min. Oleh karena kecepatan yang terkandung dalam G00

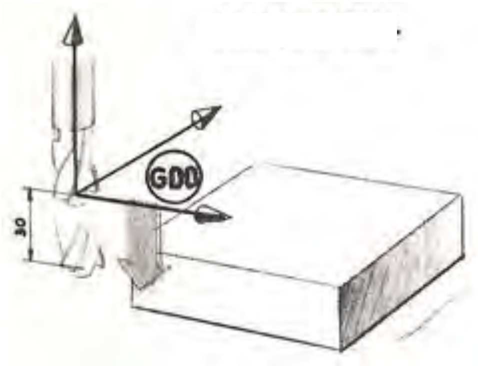
ini sangat cepat, maka G00 ini harus digunakan untuk penempatan alat-potong di luar benda kerja.

Pada pemfraisan datar (bidang X – Y), ada tiga macam arah gerakan yang dapat dilakukan dengan G00, yakni memanjang, melintang, dan diagonal, arah positif dan negatif, dan ditambah gerakan naik-turun (positif-negatif) arah sumbu Z:

a. N... G00 X± ..... Y0 Z±0 ⇐ lintasan memanjang meja
b. N... G00 X0 Y± ..... Z±0 ⇐ lintasan melintang meja
c. N... G00 X± ..... Y± ..... Z±0 ⇐ lintasan diagonal meja




a. absolut




b. Inkremental

Gambar 12.2 Sumbu Koordinat (X, Y, Z), pisau frais dan benda kerja untuk G00

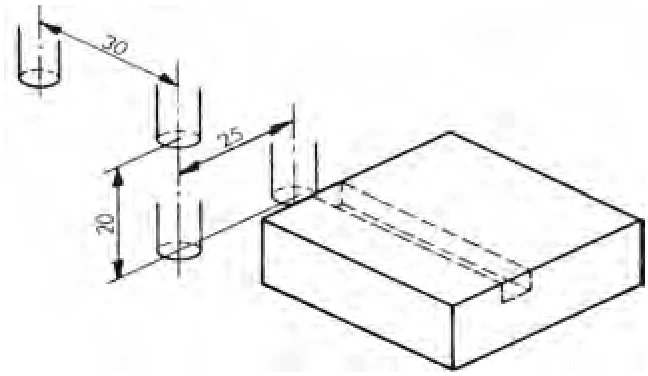
Format blok untuk absolut sesuai Gambar 12.2a: titik tujuan dinyatakan dari sistem koordinat titik nol yang ditetapkan terlebih dahulu.

| **N** | **G (M)** | **X (I)(D)** | **Y (J)(S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 01 | –2000 | 00 | – 500 | ... | Titik tujuan dinyatakan dari sistem koordinat titik nol pertama (referensi) |

Format blok untuk inkremental sesuai Gambar 12.2b::titik tujuan dinyatakan dari titik awal sumbu puncak mata pisau frais.

| N | G (M) | X (I)(D) | Y (J)(S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 01 | 0 | 0 | – 3000 | ... | Titik tujuan dinyatakan dari titik awal pisau frais. |

Pada blok G00, semua gerakan dilaksanakan dengan kecepatan tertinggi (lintasan cepat = 700 mm/mim). Penerapan kecepatan tertinggi ini dimungkinkan karena G00 bukanlah gerakan pembuangan tatal, tetapi gerakan tanpa beban (pisau frais bebas tidak bersinggungan dengan material benda kerja). Jadi pada blok G00 ini tidak perlu diprogramkan nilai F (kecepatan pemakanan), perhatikan Gambar 12.3 dan contoh blok pemprograman sesuai gambar tersebut.




Gambar 12.3 Program CNC untuk penggerakan alat potong tanpa beban

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 3000 | 0 | 0 | | |
| 01 | 00 | 0 | 0 | –2000 | | |
| 02 | 00 | 0 | 2500 | 0 | | |
| 03 | | | | | | |

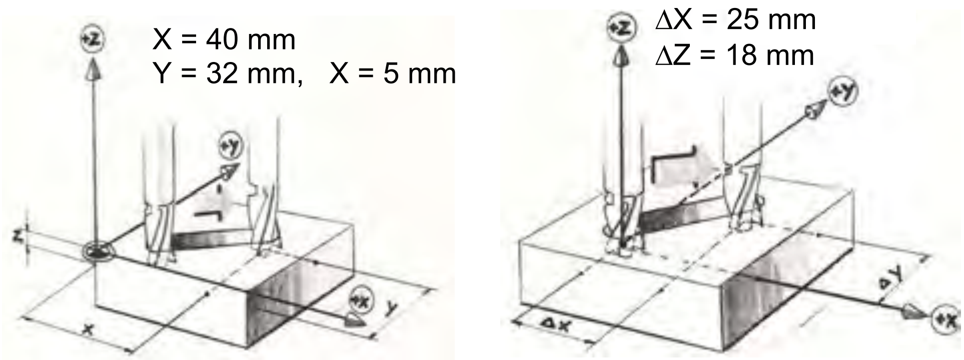


Gambar 12.4 Beberapa kemungkinan lintasan pisau frais ke posisi kerja. (perhatikan gerak anak panah)

## 12.2 G01 — Fungsi Interpolasi Linier

G01 adalah fungsi interpolasi linier dengan kecepatan terprogram. Khusus untuk EMCO unit didaktik, kecepatan interpolasi linier ini adalah 2 s.d. 499 mm/min. Fungsi interpolasi linier ini digunakan untuk pemfraisan lurus, baik memanjang, melintang, dan diagonal, arah positif dan negatif, dan ditambah gerakan naik-turun (positif-negatif) arah sumbu Z:

a. N... G01 X± ..... Y0 Z±0 F... ⇐ gerakan memanjang meja
b. N... G01 X0 Y± ..... Z±0 F ... ⇐ gerakan melintang meja
c. N... G01 X± ..... Y± ..... Z±0 F ... ⇐ gerakan diagonal meja




a. absolut                                b. Inkremental

Gambar 12.5 Sumbu Koordinat (X, Y, Z), pisau frais dan benda kerja untuk G01

Untuk Gambar 12.5 (a) $\Delta X = 40$

Format blok untuk absolut sesuai Gambar 12.5a: titik tujuan dinyatakan dari sistem koordinat titik nol yang ditetapkan terlebih dahulu.

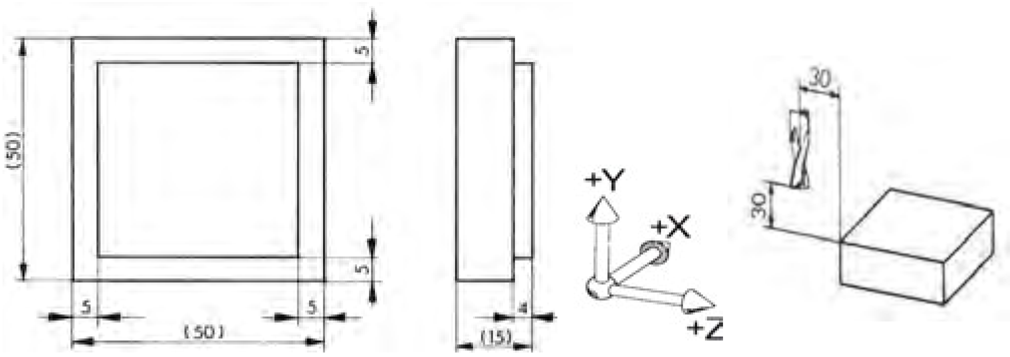
| N | G<br>(M) | X<br>(I)(D) | Y<br>(J)(S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 01 | 4000 | 3200 | – 500 | ... | Titik tujuan dinyatakan dari sistem koordinat titik nol yang ditetapkan terdahulu. |

Format blok untuk inkremental sesuai Gambar 12.5b::titik tujuan dinyatakan dari titik awal sumbu puncak mata pisau frais.

| N | G<br>(M) | X<br>(I)(D) | Y<br>(J)(S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 01 | 2500 | 1800 | 0 | ... | Titik tujuan dinyatakan dari titik awal pisau fraisnya. |

Linier berarti garis lurus, sementara interpolasi bentukan garis dari nilai-nilai antara (sisipan). Jadi interpolasi linier adalah garis yang terjadi secara lurus mendatar atau tegak dan garis yang terbetuk antara datar dan tegak (garis menyudut).

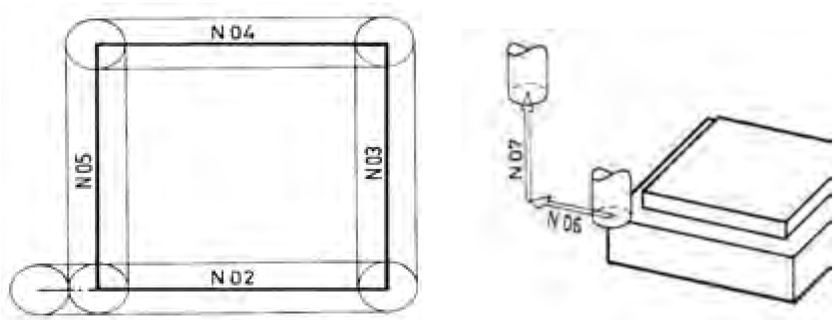
G01 ini diperuntukkan untuk gerak pembuangan tatal (pemotongan), dengan demikian maka kecepatan pemakanannya harus dihitung dan dituangkan pada blok-blok penyayatan dalam program NC/CNC.




Gambar 12.6 Benda kerja bertingkat

**Contoh 1**:

Untuk memfrais benda kerja seperti terlihat pada Gambar 12.6, digunakan pisau frais ∅ 10 mm. Kedalaman alur tangga (tingkat) = 4 mm dan lebar = 5 mm. Posisi sumbu puncak pisau frais dari sisi sudut kiri terdekat benda kerja adalah → X = – 30 mm, Y = 0, dan Z = 30 mm (titik awal). Sumbu puncak mata pisau frais akan didekatkan 10 mm dari sisi sebelah kiri benda kerja, dan turun ke bawah hingga ke kedalaman yang diinginkan (30 + 4 = 34 mm), lihat Gambar 12.7

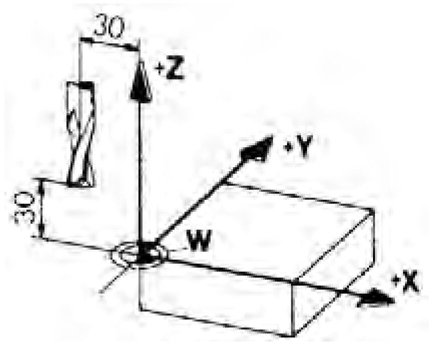



Gambar 12.7 Blok lintasan program CNC secara inkremental

Program CNC secara inkremental berdasarkan Gambar 12.6 dan 12.7: — *Posisi aklhir program adalah awal posisi.*

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 2000 | 0 | 0 | | |
| 01 | 00 | 0 | 0 | –3400 | | |
| 02 | 01 | 6000 | 0 | 0 | 100 | |
| 03 | 01 | 0 | 5000 | 0 | 100 | |
| 04 | 01 | –5000 | 0 | 0 | 100 | |
| 05 | 01 | 0 | –5000 | 0 | 100 | |
| 06 | 00 | –3000 | 0 | 0 | | |
| 07 | 00 | 0 | 0 | 3400 | | |
| 08 | M30 | | | | | |

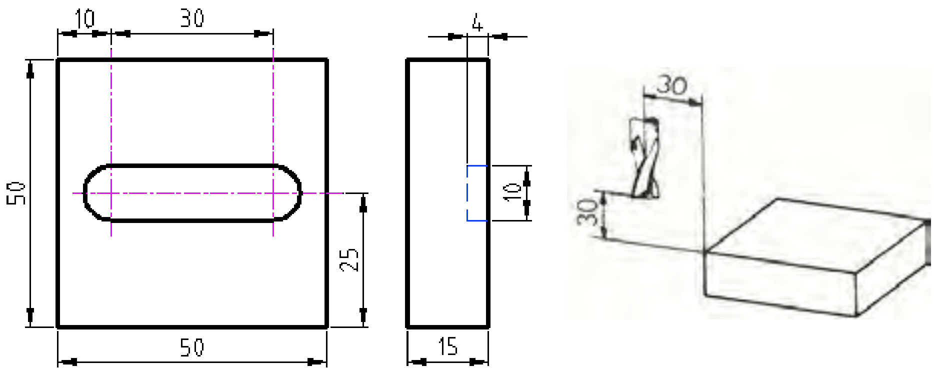
Program CNC secara Absolut berdasarkan Gambar 12.6, 12.7 dan 12.8: *Titik tujuan dinyatakan dari sistem koordinat titik nol yang ditetapkan terdahulu.*




Gambar 12.8 Posisi puncak mata pisau frais terhadap titik nol.

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 90 | | | | | |
| 01 | 00 | 2000 | 0 | 0 | | |
| 02 | 00 | 2000 | 0 | –3400 | | |
| 03 | 01 | 8000 | 0 | –3400 | 100 | |

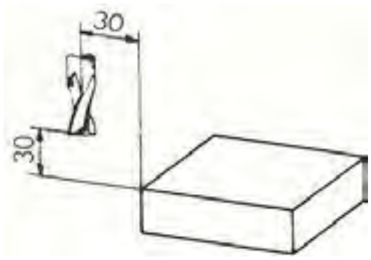
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 04 | 01 | 8000 | 5000 | –3400 | 100 | |
| 05 | 01 | 3000 | 5000 | –3400 | 100 | |
| 06 | 01 | 3000 | 0 | –3400 | 100 | |
| 07 | 00 | 3000 | 0 | 0 | | |
| 08 | 00 | 0 | 0 | 0 | | |
| 09 | M30 | | | | | |



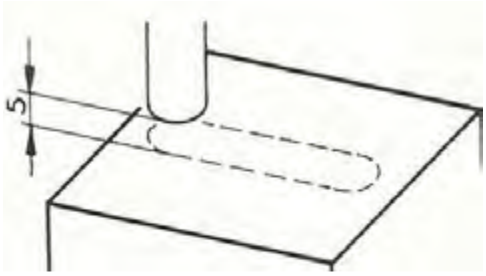

Gambar 12.9 Benda kerja dengan alur dan posisi puncak mata pisau frais

**Contoh 2**:

Untuk memfrais alur pada benda kerja seperti terlihat pada Gambar 12.9, digunakan pisau frais ∅ 10 mm. Kedalaman alur = 4 mm dan lebarnya 10 mm. Posisi sumbu puncak pisau prais dari sisi sudut kiri terdekat benda kerja adalah → X = – 30 mm, Y = 0, dan Z = 30 mm (titik awal). Sumbu puncak mata pisau frais akan digerakkan menuju 10 mm dari ke sisi sebelah kiri benda kerja, dan turun ke bawah hingga 5 mm di atas permukaan benda kerja (jarak aman), lihat Gambar 12.10.



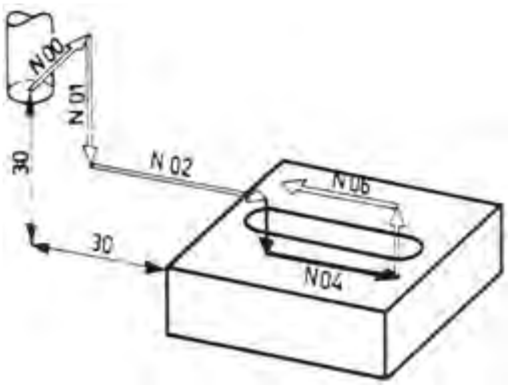

(a)



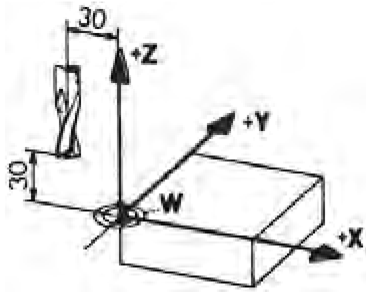

(b)

Gambar 12.10 Posisi puncak pisau frais pertama (a) dan setelah diturunkan hingga 5 mm di atas permukaan benda kerja (b)

Program CNC secara inkremental berdasarkan Gambar 12.9 dan 12.10: — *Posisi aklhir program adalah awal posisi., lintasan alat potong.*




Gambar 12.11 Blok lintasan pisau frais




Gambar 12.12 Posisi puncak mata pisau frais terhadap titik nol

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 0 | 2500 | 0 | | |
| 01 | 00 | 0 | 0 | –2600 | | |
| 02 | 00 | 4000 | 0 | 0 | | |
| 03 | 01 | 0 | 0 | –900 | 50 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 04 | 01 | 3000 | 0 | 0 | 100 | |
| 05 | 00 | 0 | | 900 | | |
| 06 | 00 | –7000 | 0 | 0 | | |
| 07 | 00 | 0 | 0 | 2600 | | |
| 08 | M30 | | | | | |

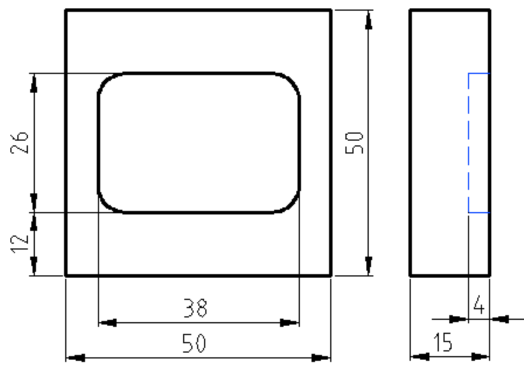
Program CNC secara Absolut berdasarkan Gambar 12.9 dan 12.10: — *Titik tujuan dinyatakan dari sistem koordinat titik nol yang ditetapkan terdahulu, lihat Gambar 12.12 di atas.*

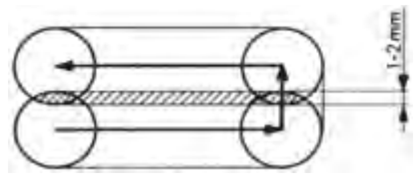
| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 90 | | | | | |
| 01 | 00 | 0 | 2500 | 0 | | |
| 02 | 00 | 0 | 2500 | –2600 | | |
| 03 | 00 | 4000 | 2500 | –2600 | | |
| 04 | 01 | 4000 | 2500 | –3500 | 50 | |
| 05 | 01 | 7000 | 2500 | –3500 | 100 | |
| 06 | 00 | 7000 | 2500 | –2600 | | |
| 07 | 00 | 0 | 0 | –2600 | | |
| 08 | 00 | 0 | 0 | 0 | | |
| 09 | M30 | | | | | |

**Contoh 3**: Pemfraisan Kantong

Untuk memfrais kantong pada benda kerja seperti terlihat pada Gambar 12.13a, digunakan pisau frais ∅ 10 mm. Kedalaman kantong = 4 mm dan panjang 38 mm dan lebar = 24 mm. Posisi sumbu puncak pisau frais dari sisi sudut kiri terdekat benda kerja adalah → X = – 30 mm, Y = 0, dan Z = 30 mm (titik awal). Sumbu puncak mata pisau frais akan gerakkan menuju X,Y = 11,

17. dan turun ke bawah hingga 5 mm di atas permukaan benda kerja (jarak aman).




Gambar 12.13a Gambar kerja untuk kantong

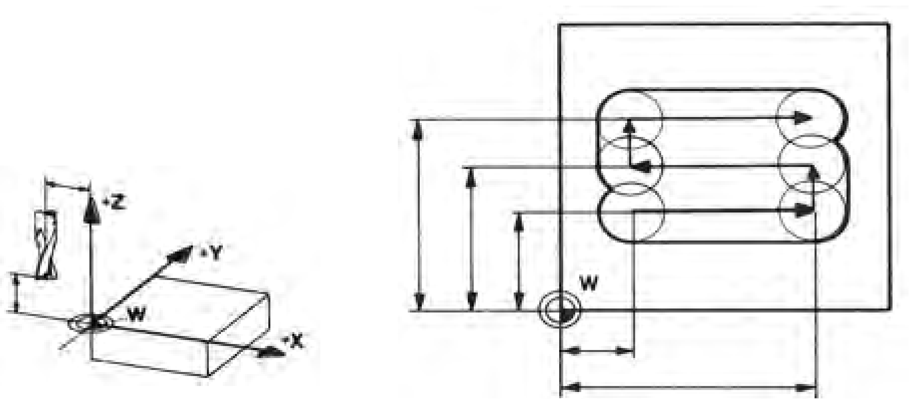
Gambar 12.13b Jalannya pemfraisan pisau frais

Jalannya pisau frais seperti diilustrasikan pada Gambar 12.13a, yang menghasilkan tumpangan lintasan 1 – 2 mm. Dalam industri, tumpangan litasan dipilih mendekati adalah 1/10 diameter pisau frais.

Yang penting diperhatikan dalam pekerjaan pemprograman adalah gambar yang sesuai, lalu;

- menandai awal dan akhir blok,
- menskala gambar sebesar mungkin, dan
- memberi ukuran-ukuran bantu.

Gambar 12.14 di bawah ini merupakan sketsa benda kerja dan lintasan pisau frais untuk pemprograman Absolut.



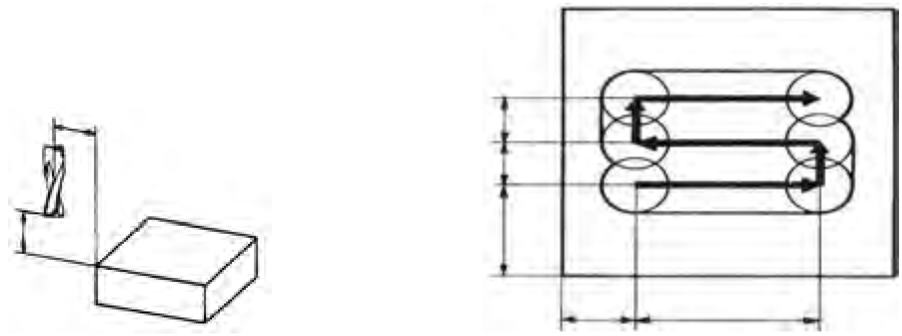

Gambar 12.14 Titik nol benda kerja dan lintasan pisau frais

Lengkapilah ukuran Gambar 12.14 secara absolut berdasarkan Gambar 12.13a di atas, lalu susunlah program CNC untuk pemfraisan kantong tersebut secara absolut dan inkremental.

Program CNC secara Absolut berdasarkan Gambar 12.14: — *Titik tujuan dinyatakan dari sistem koordinat titik nol yang ditetapkan terdahulu*

| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | | | | | | |
| 01 | | | | | | |
| 02 | | | | | | |
| 03 | | | | | | |
| 04 | | | | | | |
| 05 | | | | | | |
| 06 | | | | | | |
| 07 | | | | | | |

Gambar 12.15 di bawah ini merupakan sketsa benda kerja dan lintasan pisau frais untuk pemprograman Inkremental.



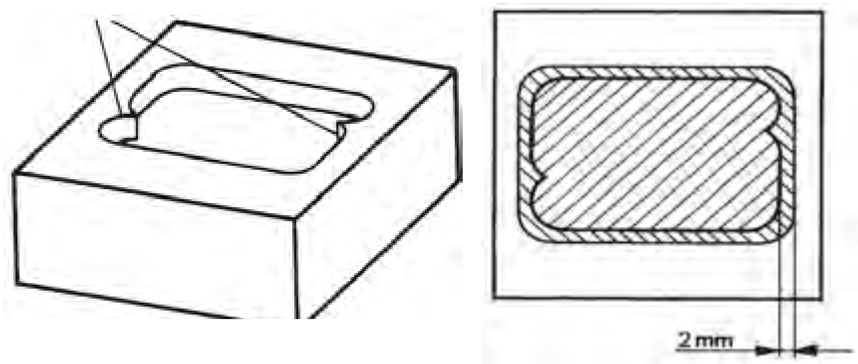
Gambar 12.15 Benda kerja dengan lintasan pisau frais untuk inkremental

Lengkapilah ukuran Gambar 12.15 secara inkremental berdasarkan Gam-bar 12.13a di atas, lalu susunlah program CNC untuk pemfraisan kantong tersebut, secara inkremental juga.

Program CNC secara inkremental berdasarkan Gambar 12.15: — *Posisi aklhir program adalah awal posisi., lintasan alat potong.*

| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | | | | | | |
| 01 | | | | | | |
| 02 | | | | | | |
| 03 | | | | | | |
| 04 | | | | | | |
| 05 | | | | | | |
| 06 | | | | | | |
| 07 | | | | | | |
| 08 | | | | | | |
| 09 | | | | | | |

Jalannya pemfraisan pada contoh 3 belumlah selesai, karena masih ada sudut-sudut bekas pisau yang belum terkerjakan, seperti diilustrasikan pada Gambar 12.16. Dan memang pada dasarnya, pada pemfraisan kantong selalu ada tahapan, yakni pengasaran (*roughing*) dan penyelesaian (*finishing*). Dan pada pemfraisan penghalusan/penyelesaian-lah kontur disempurnakan di mana kualitas permukaan menjadi lebih baik.



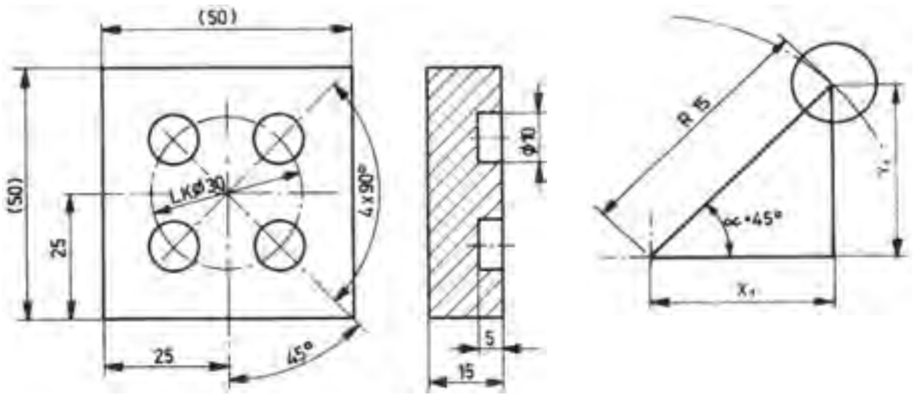

Gambar 12.16 Pemfraisan kantong pengasaran dan rencana penghalusan

Susunlah program CNC untuk penghalusan dimaksud, baik secara absolut maupun secara inkremental dengan tebal pengerjaan 2 mm (Gambar 12.16) sebagai tebal penyayatan. Tentukanlah sendiri titik awal (untuk inkremental) dan titik nol (untuk absolut) pengerjaan yang aman.

**Dasar perhitungan pembuatan lubang:**

Untuk pembuatan lubang, informasi yang perlu diketahui adalah:

- koordinat titik pusat lingkaran.
- koordinat titik pusat semua lubang (atau dihitung)




Gambar 12. 17 Benda kerja dengan lubang berdasarkan posisi radius

sin $\propto$ = $Y_1$ / R $\Rightarrow$ $Y_1$ = R x sin 45° $\Rightarrow$ $Y_1$ = 15 x 0.707, sehingga

**$Y_1$ = 10.6 mm**.

sin $\propto$ = $X_1$ / R $\Rightarrow$ $X_1$ = R x cos 45° $\Rightarrow$ $X_1$ = 15 x 0.707, sehingga

**$X_1$ = 10.6 mm**.

Selama lubang-lubang yang akan dikerjakan berada pada posisi simetri terhadap titik pusatnya, koordinat X dan Y dari masing-masing titik sumbu lubang dihitung hanya sekali, yang perlu di perhatikan adalah tandanya (+ atau – ).

Contoh 4: Penerapan G00 dan G01, dan perhitungan teknologi pemotongan.

Sebuah bendakerja dari aluminium dengan ukuran seperti gambar (lih. Gambar 12.18. Pisau frais yang digunakan adalah pisau ujung HSS $\varnothing$ 10

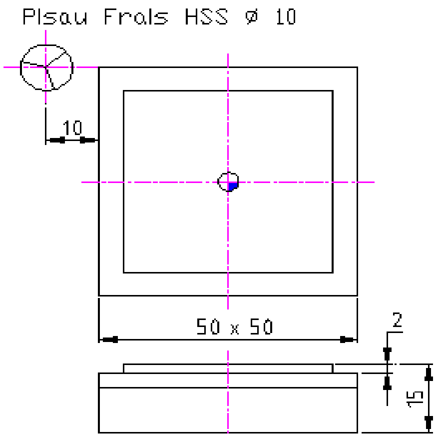
mm. Mata pisau tersebut terdiri dari tiga spiral, kedalaman pemotongan adalah 2 mm, dan lebar penyatan per gigi 0.02 mm/put., Puncak mata pisau frais berada 50 mm di atas permukaan benda kerja.

Hitunglah:

1). Putaran spindel utama (putaran per minit — ppm).

2). Kecepatan pemakanan (mm/min).

3). Susunlah program dengan metoda inkremental (G91), Absolut (G90), dan (G92) di mana titik nol benda kerja berada di sudut kiri atas benda kerja yang terpasang pada penjepit.




Gambar 12.18 Benda kerja untuk frais bertingkat

Catatan: Posisi pisau frais terhadap benda kerja adalah sebagai berikut:

a. -10 mm dari sisi sebelah kiri benda kerja arah sumbu X.

b. sumbu Y berimpit dengan ordinat nol,

c. 50 mm di atas permukaan benda kerja terpasang.

**Penyelesaian**:

**1.) Putaran spindel utama (S) adalah:**

$$S = \frac{1000\ Cs}{\pi * d}$$

$$\frac{1000 * 44}{3.14 * 10}$$

$$S = \frac{44.000}{31.4}$$

**S = 1400 rpm**

**2). Kecepatan Pemakanan (F) adalah:**

F = n * f * S $\Rightarrow$ F = 3 * 0.02 * 1400 $\rightarrow$ **F = 84 mm**

**3). Program**

**a. Inkremental (G91)**

| N | G | X | Y | Z | F | KETERANGAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 91 | | | | | Penetapan sistem Pemrograman dalam inkremental. |
| 01 | 00 | 0 | 0 | -4800 | | Penempatan alat-potong 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 02 | M03 | | | | | Spindel jalan. |
| 03 | 01 | 0 | 0 | -400 | 80 | Alat-potong diturunkan 2 mm dari per-mukaan benda kerja |
| 04 | 01 | 6000 | 0 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +X |
| 05 | 01 | 0 | -5000 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu -Y |
| 06 | 01 | -5000 | 0 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu -X |
| 07 | 01 | 0 | 5000 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +Y |
| 08 | 00 | 0 | 0 | 400 | | Alat-potong naik 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 09 | M05 | | | | | Spindel mati |
| 10 | 00 | -1000 | 0 | 4800 | | Alat-potong kembali ke posisi semula |
| 11 | M30 | | | | | Program dinyatakan komplit, bila ditutup dengan M30 |

**b. Absolut (G90)**

| N | G | X | Y | Z | F | KETERANGAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 90 | | | | | Penetapan sistem Pemrograman dalam Absolut. |
| 01 | 00 | 0 | 0 | -4800 | | Penempatan alat-potong 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 02 | M03 | | | | | Spindel jalan. |
| 03 | 01 | 0 | 0 | -5200 | 80 | Alat-potong diturunkan 2 mm dari permukaan benda kerja |
| 04 | 01 | 6000 | 0 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +X |
| 05 | 01 | 0 | -5000 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu -Y |
| 06 | 01 | 1000 | 0 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +X |
| 07 | 01 | 0 | 0 | 0 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +Y |
| 08 | 00 | 0 | 0 | -4800 | | Alat-potong naik 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 09 | M05 | | | | | Spindel mati |
| 10 | 00 | -1000 | 0 | 0 | | Alat-potong kembali ke posisi semula |
| 11 | M30 | | | | | Program ditutup dengan M30 |

**c. Absolut (G92)**

| N | G | X | Y | Z | F | KETERANGAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 92 | -1000 | 0 | 5000 | | Fungsi pencatat jarak posisi puncak mata alat-potong dari titik nol benda kerja (W) |
| 01 | 00 | -1000 | 0 | 200 | | Penempatan alat-potong 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 02 | M03 | | | | | Spindel jalan. |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 03 | 01 | -1000 | 0 | -200 | 80 | Alat-potong diturunkan 2 mm dari per-mukaan benda kerja |
| 04 | 01 | 5000 | 0 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +X |
| 05 | 01 | 5000 | -5000 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu -Y |
| 06 | 01 | 0 | -5000 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +X |
| 07 | 01 | 0 | 0 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +Y |
| 08 | 00 | 0 | 0 | 200 | | Alat-potong naik 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 09 | M05 | | | | | Spindel mati |
| 10 | 00 | -1000 | 0 | 5000 | | Alat-potong kembali ke posisi semula |
| 11 | M30 | | | | | Penutup program |

**Catatan**: Bila alat potong bergerak turun sambil melakukan penyayatan, maka $F_V = 1/2\ F_H$.

## 12.3 G02 & G03 — Fungsi Interpolasi Radius

G02 dan G03 adalah fungsi *pereparatory* untuk pemfraisan bentuk radius. Radius yang dapat dibuat bisa 90°, kurang dari 90° atau lebih besar dari 90°. Apabila radius yang dibuat lebih kecil atau lebih besar dari 90°, diperlukan blok lain yang memuat parameter lingkaran yang akan dibuat, yang diaktifkan dengan M99. Sementara untuk radius 90°, blok M99 tersebut tidak merupakan kewajiban, artinya boleh dibuat atau boleh tidak dibuat.

G02 adalah fungsi kerja pemfraisan radius searah putaran jarum jam, sementara G03 adalah fungsi kerja pemfraisan berlawanan arah dengan arah putaran jarum jam, lihat ilustrasi di bawah.

Untuk mesin frais CNC unit didaktik kemampuan untuk membuat radius adalah 0.01 s.d. 99.99 mm dalam SPD 1/100 mm.



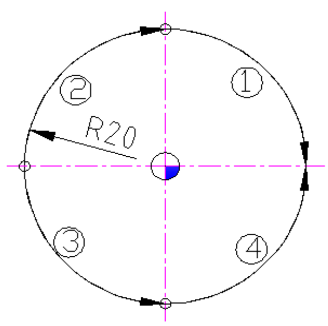

Gambar 12. 19 Arah pemfraisan radius

Yang perlu diperhatikan dalam pembuatan busur 90° adalah:

- Arah putaran radius untuk menetapkan penggunaan G02 atau G03
- Titik awal dan akhir dari suatu busur yang merupakan data alamat X, Y dan Z, baik dihitung dari titik awal radius (inkremental) maupun dari titik nol benda kerja (absolut).
- Penetapan kecepatan pemakanan F.

Format blok untuk G02 / G03 dengan bidang kerja X – Y:

| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | ± ... | ± ... | ± ... | ... | |
| ... | 03 | ± ... | ± ... | ± ... | ... | |
| | | | | | | |




Gambar 12.20 Arah radius dari 4 busur lingkaran

Nilai alamat-alamat X dan Y untuk G02 / G03 berdasarkan Gambar 12.20, jika titik awal radius pada pusat lingkaran (Inkremental):

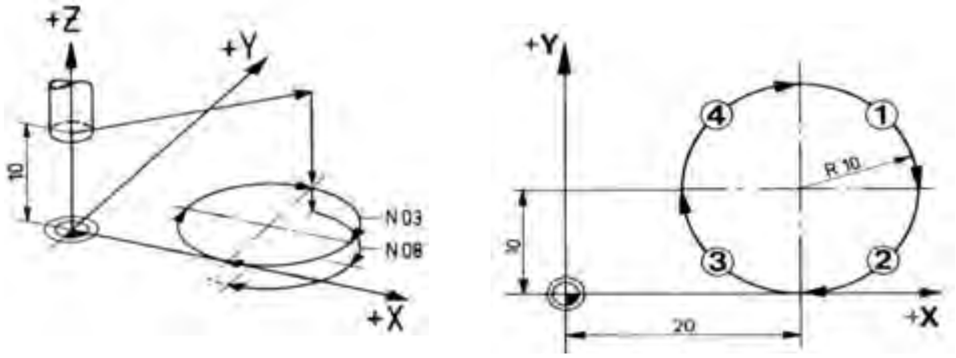
| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) (S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | 2000 | 2000 | ± ... | ... | Busur 1 |
| ... | 02 | 2000 | –2000 | ± ... | ... | Busur 2 |
| … | 03 | –2000 | –2000 | ± ... | ... | Busur 3 |
| … | 03 | –2000 | 2000 | ± ... | ... | Busur 4 |
| | | | | | | |

Nilai alamat-alamat X dan Y untuk G02 / G03 berdasarkan Gambar 12.20, jika titik nol radius pada pusat lingkaran (Absolut):

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) (S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | 0 | 2000 | ± ... | ... | Busur 1 |
| ... | 02 | 2000 | | ± ... | ... | Busur 2 |
| … | 03 | 0 | –2000 | ± ... | ... | Busur 3 |
| … | 03 | –2000 | 0 | ± ... | ... | Busur 4 |
| | | | | | | |

**Pemprogaman G02 — Absolut**:

Titik nol benda kerja seperti terlihat pada Gambar 12.21, akan digunakan sebagai acuan pemprograman koordinat X,Y yang merupakan titik akhir dari seperempat busur. Dalam pemfraisan radius, busur hanya dapat digerakkan pada satu bidang, oleh karena itu, kedalaman pemakanan (nilai Z) harus sudah di masukkan pada alamat Z di blok terdahulu.




Gambar 12.21 Arah lintasan G02

Nilai alamat-alamat X dan Y untuk G02 / G03 berdasarkan Gambar 12.21, jika titik nol radius pada posat lingkaran (Absolut):

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 92 | 0 | 0 | 1000 | | |
| 01 | 00 | 2000 | 2000 | 1000 | ... | |
| 02 | 01 | 2000 | 2000 | – 100 | 50 | Awal G02 - I |
| 03 | 02 | 3000 | 1000 | – 100 | 100 | Kedalaman 1 mm |
| 04 | 02 | 2000 | 0 | – 100 | 100 | |
| 05 | 02 | 1000 | 1000 | – 100 | 100 | |
| 06 | 02 | 2000 | 2000 | – 100 | 100 | |
| 07 | 01 | 2000 | 2000 | – 200 | 50 | Awal G02 - II |
| 08 | 02 | 3000 | 1000 | – 200 | 100 | Kedalaman 2 mm |
| 09 | 02 | 2000 | 0 | – 200 | 100 | |
| 10 | 02 | 1000 | 1000 | – 200 | 100 | |
| 11 | 02 | 2000 | 2000 | – 200 | 100 | |
| 12 | … | … | … | … | … | |

Cobalah untuk pemprograman secara inkremental.

***Catatan***: Lingkaran sampai dengan 360° dapat diprogram dalam 1 (satu) blok.

**Pemprograman Busur kurang dari 1 (satu) kuadran (<90°)**

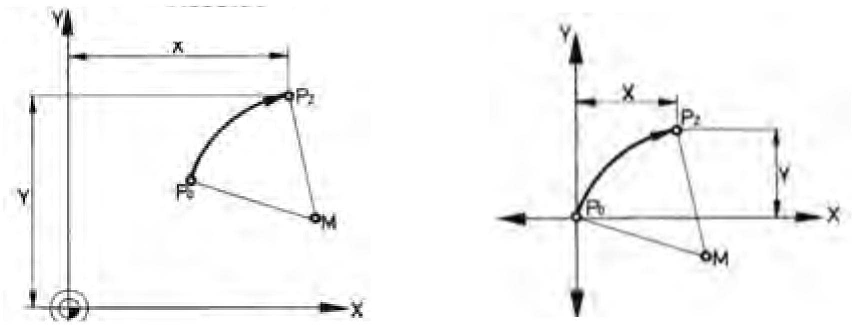
Pembuatan radius yang kurang dari 90° memerlukan dua blok, yakni blok nilai radius dan blok nilai parameter radius.

Parameter-parameter radius yang diminta adalah bergantung pada bidang kerja aktif.

a. Untuk bidang X-Y, parameter radius yang diminta adalah Parameter I dan J.
b. Untuk bidang X-Z, parameter radius yang diminta adalah Parameter I dan K.
c. Untuk bidang Y-Z, parameter radius yang diminta adalah Parameter J dan K.

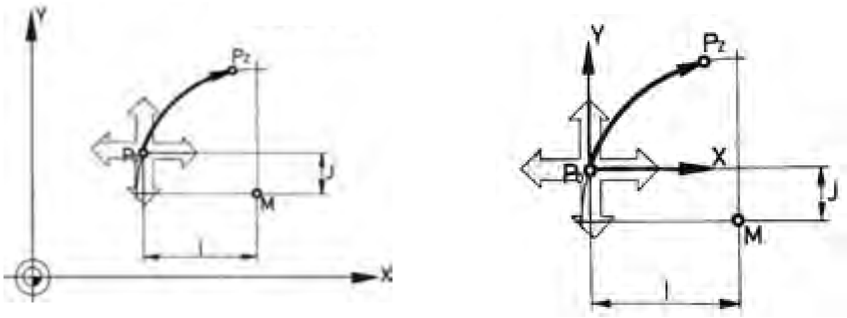
Alamat I adalah parameter radius arah sumbu X, alamat J adalah parameter radius arah sumbu Y, dan alamat K adalah parameter radius arah sumbu Z.

Harga-harga parameter ditentukan dan dihitung dari titik awal pembuatan radius ke titik pusat radius yang sedang dikerjakan tersebut, perhatikan Gambar 12.22




Gambar 12.22 Bentuk radius kurang dari 90°

Untuk penentuan parameter radius pada bidang XY, yakni I dan J adalah dengan menempatkan titik koordinat pada awal radius. Dari sinilah dihitung jarak titik awal tersebut ke pusat radiusnya, Gambar 12.23.




Gambar 12.23 Dasar penetapan nilai parameter radius I dan J

Nilai alamat-alamat X dan Y untuk G02 berdasarkan Gambar 12.22 dan 23:

— **Absolut**

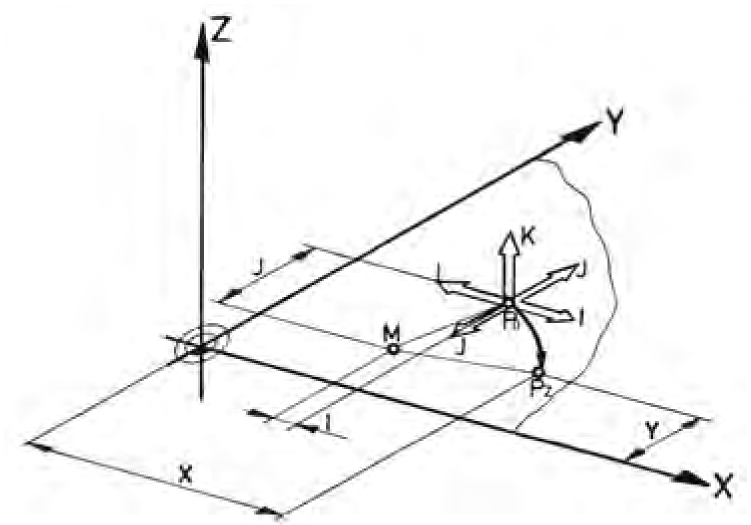
| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 01 | $X_{PO}$ | $Y_{PO}$ | $Z_{PO}$ | ... | |
| ... | 02 | $X_{PZ}$ | $Y_{PZ}$ | $Z_{PZ}$ | ... | |
| ... | M99 | I ... | J ... | K0 | | |

Nilai alamat-alamat X dan Y untuk G02 berdasarkan Gambar 12.22 dan 23:

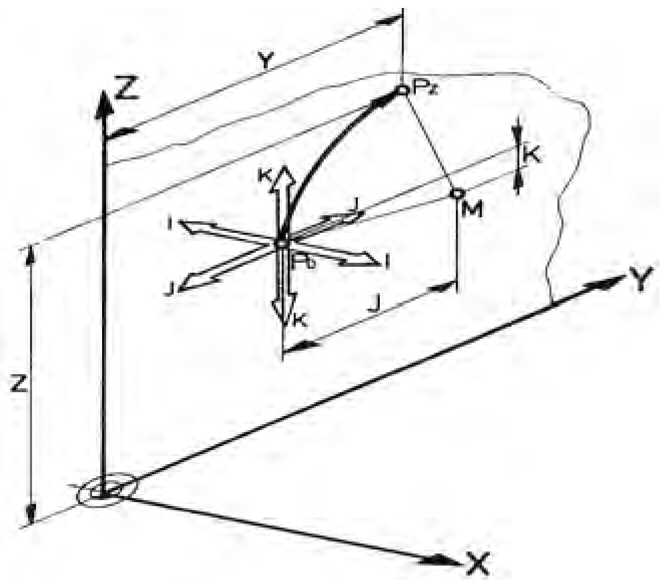
— **Inkremental**

| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 01 | 01 | $X_{PO}$ | $Y_{PO}$ | $Z_{PO}$ | |
| ... | 02 | $X_{PZ}$ | $Y_{PZ}$ | $Z_{PZ}$ | ... | |
| ... | M99 | I ... | J ... | K0 | | |

**Titik Pusat Radius**:



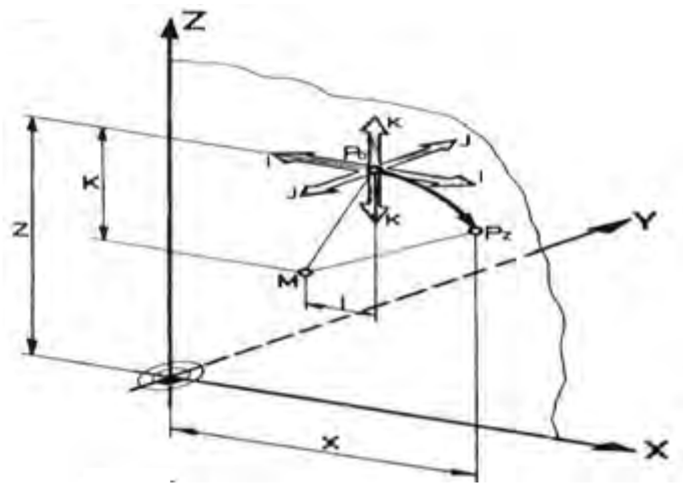

Gambar 12.24 Hubungan Koordinat X dan Y dengan Parameter radius I dan J




Gambar 12.25 Hubungan Koordinat Y dan Z dengan Parameter radius J dan K

Nilai alamat-alamat Y dan Z untuk G02 berdasarkan Gambar 12.25: — **Absolut**

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 01 | $XY_{PO}$ | $Y_{PO}$ | $Z_{PO}$ | ... | |
| ... | 02 | $X_{PZ}$ | $Y_{PZ}$ | $Z_{PZ}$ | ... | |
| ... | M99 | I 0 | J ... | K... | | |




Gambar 12.26 Hubungan Koordinat X dan Z dengan Parameter radius I dan K

Nilai alamat-alamat X dan Z untuk G03 berdasarkan Gambar 12.26: — **Absolut**

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 01 | $XY_{PO}$ | $Y_{PO}$ | $Z_{PO}$ | ... | |
| ... | 03 | $X_{PZ}$ | $Y_{PZ}$ | $Z_{PZ}$ | ... | |
| ... | M99 | I ... | J 0 | K... | | |

Suatu busur lingkaran ditentukanoleh titik awal dan titik tujuan dan pernyataan nilai titik lingkarannya, misalnya I dan J pada bidang X-Y. Nilai-nilai parameter yang tidak akurat dapat menyebabkan terjadinya ”Alaram”. Oleh karena itu diberi batas penyimpangan sampai dengan 0.08 mm (±0.003 s.d. 0.002 inci). Untuk mesin CNC unit didaktis, nilai-nilai I, J, dan K tidaklah memerlukan tanda (tidak perlu dicantumkan tanda – (minus)) dengan kata lain bahwa nilai parameter-parameter radius tidak dipengaruhi arah pengukuran, artinya semua nilai parameter adalah positif. Busur dalam satu kuadran dapat diprogram dalam satu blok maupun dua blok. Jika busur lingkaran lebih besar dari 90° (lebih besar dari 1 kuadran), maka blok pemprogramannya harus terdiri dari 3 atau 4 blok.

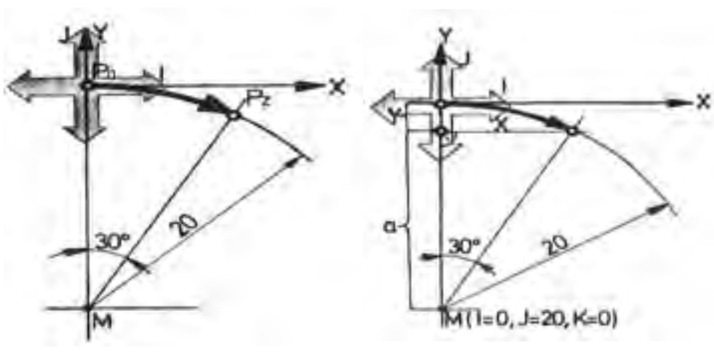
**Ketentuan**:

1). I = R, maka J = 0

2). J = R, maka I = 0

3) Nilai I, J, dan K selalu dinyakan dalam nilai inkremental yang dihitung dari titik awal busur.

Perhitungan titik awal maupun titik akhir radius:




Koordinat X, Y dari $P_Z$:

$X_{PZ} = 10 + 10$

$X_{PZ} = 20$

$Y_{PZ} = 35 – 2.68$

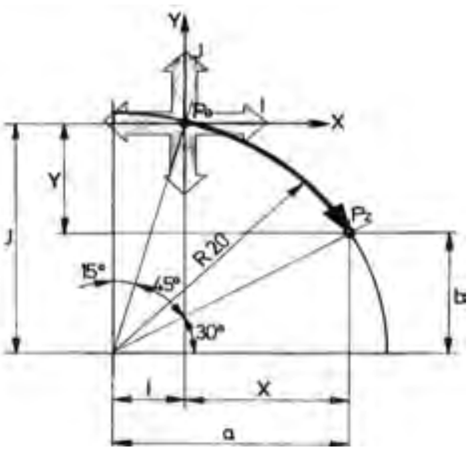
$Y_{PZ} = 32.32$ mm

Jadi koordinat titik akhir busur adalah 20,32.32

Gambar 12.27 Ilustrasi nilai parameter I dan J dalam program absolut

Nilai alamat-alamat X dan Z untuk G03 berdasarkan Gambar 12.27: — **Absolut**

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | 02 | 2000 | 3232 | ... | ... | |
| ... | M99 | I 0 | J 2000 | K0 | | |




sin 15° = I/20

I = sin 15° x 20 = 5.17 mm

J = cos 15° x 20 = 19.31 mm

X = a - I

a = cos 30° x 20 = 17.32 mm

Jadi: X = a – I = 17.32 – 5.17 = 12.15 mm

Y = J – b

b = sin 30° x 20 = 0.5 x 20 = 10 mm

jadi: Y = J – b = 19.31 – 10 = 9.31

Koordinat X, Y = 12.15,19.31

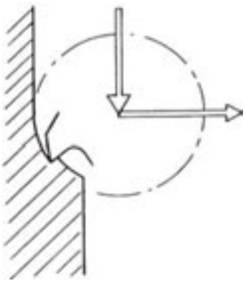
Gambar 12.28 Ilustrasi nilai parameter I dan J dalam program inkremental

Nilai alamat-alamat X dan Z untuk G03 berdasarkan Gambar 12.28: — **Inkremental**

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 02 | 1215 | – 931 | ... | ... | |
| ... | M99 | I 517 | J 1931 | K0 | | |

## 12.4 G04 Fungsi Dwell — Diam sesaat

Ketika membuat lubang bor dan mengangkat mata bor setelah mencapai kedalaman yang dikehendaki tercapai, tatalnya akan terputus, tetapi pada lubang akan terbentuk ceruk, lihat Gambar 12.29.



Untuk lubang bor tirus, biasanya ceruk itu tidak menjadi masalah, tetapi pada lubang dengan bahu, ceruk tersebut tidaklah dikehendaki. Keadaan di atas juga akan terjadi pada pisau frais berdiameter besar atau pada pisau *fly wheel* jika pisau tersebut diangkat langsung. Untuk mengatasi terjadinya ceruk seperti itu, gunakanlah G04 (fungsi *dwell*).

Gambar 12.29 Tanda Ceruk

Format bloknya adalah sebagai berikut:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) (S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 04 | ... | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

Nilai *dwell* ditempatkan pada alamat X, dengan batasan masukan 1 s.d. 19999 dalam satuan 1/100 detik.

**Contoh**: Pada titik akhir pemfraisan lubang dengan mata bor, akan digunakan dwell = 2 detik. Jadi blok programnya adalah:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) (S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 04 | 200 | | | | |
| … | ... | ... | ... | ... | ... | |
| … | ... | ... | ... | ... | ... | |

Ketika *dwell* diprogram, operasi pemesinan akan berhenti selama waktu yang diprogramkan, lalu dilanjutkan kembali.

Program *dwell* dapat diganggu dengan penekanan tombol **INP** + **REV** secara bersamaan. Artinya dengan penekanan secara bersamaan kedua tombol **INP** + **REV**, pemesinan akan terhenti dan kembali ke blok N00. Sementara penekanan tombol **INP** + **FWD** secara bersamaan, *dwell* tidak dapat diganggu. Fungsi kedua tombol ini hanya akan efektif setelah masa dwell habis, begitupun kedua tombol ini harus ditekan lebih lama dari waktu dwell yang diprogramkan.

Jika masukan pada alamat X = 0, akan tertayang Alaram ”**A0**”

### 5). G21 — Blok Kosong

Dalam pemprograman, blok kosong boleh diprogramkan sebanyak yang dikehendaki . Blok kosong ini akan dilompati ketika mengeksekusi program CNC. Blok kosong ini biasanya digunakan untuk memprogram fungsi G lainnya yang diperlukan untuk menyelesaikan program CNC dengan lebih sempurna.

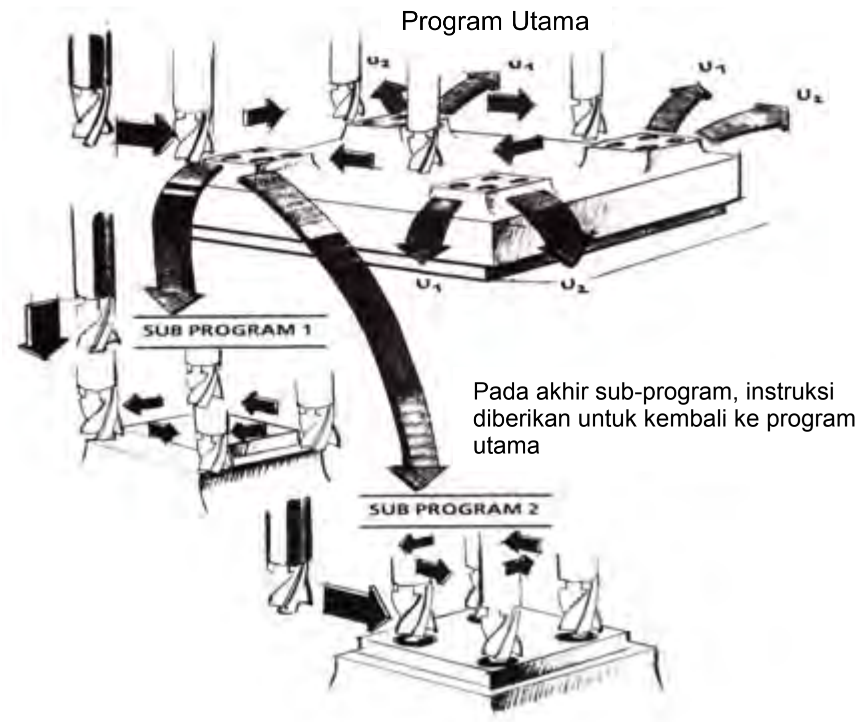
Format blok untuk G21 ini adalah sebagai berikut:

| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 21 | | | | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

### 6). G25 — Sub Program

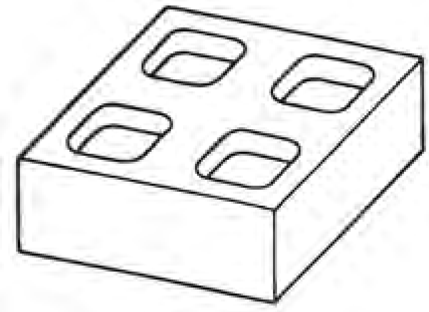
Sub program ini diatur dan dikendalikan dari program utama. Fungsi G25 ini biasanya diperlukan untuk mengerjakan segmen-segmen, khususnya yang ukuran dan bentuknya sama. berfungsi untuk. Sub program ini hanya

berfungsi ketika ditutup/diakhiri dengan M17. Dengan M17 tersebut, kontrol mesin diperintahkan untuk kembali ke program utama ke bloi setelah blok G25.

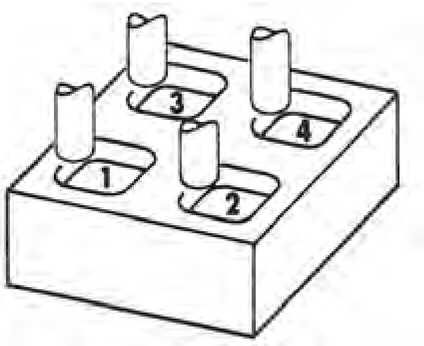



Gambar 12.30 Ilustrasi Program utama dan sub program

Sering terjadi, bahwa berbagai bentuk pemfraisan yang sama di buat pada suatu bendak kerja yang sama, misalnya empat kantong secara geometri identik, lihat Gambar 12.31. Untuk mengerjakan kantong tersebut, pisau frais harus diposisikan kembali ke posisi kerja. Adapun proses pemprograman dan pemfraisannya untuk masing-masing kantong adalah sama, lihat Gambar 12.32. Jadi untuk program sub program ini, untuk keempat kantong hanya diperlukan satu program CNC.



Gambar 12.31 Kantong




Gambar 12.32 Kantong dengan pisau frais

Pemfraisan kantong pada Gambar 12.31 dilakukan dengan prosedur berikut:

1). Pisau frais digerakkan ke titik awal pemfraisan pertama
2). Sub program dipanggil, kantong pertama difrais
3). Pisau frais digerakkan ke titik awal pemfraisan kedua
4). Sub program dipanggil
5). Pisau frais digerakkan ke titik awal pemfraisan ketiga
6). Sub program dipanggil
dan seterusnya.




Gambar 12.33 lintasan pisau frais

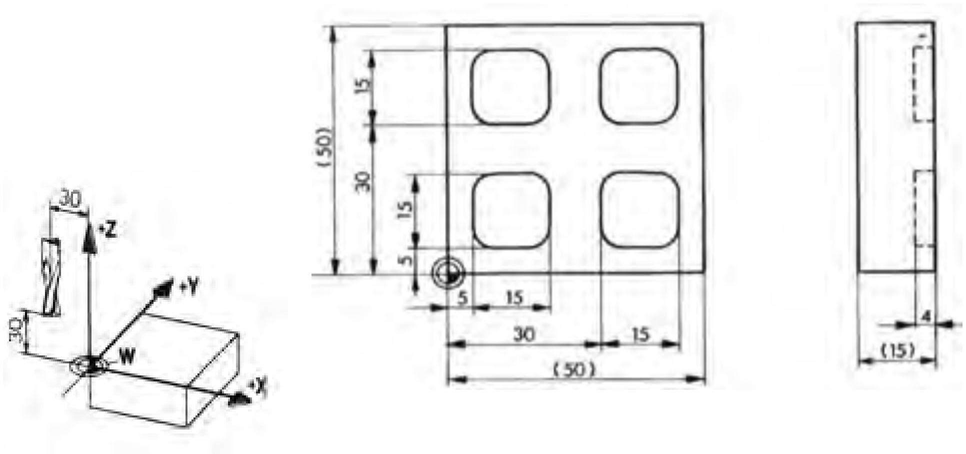
G25 memerintahkan untuk masuk ke sub-program.

M17 memerintahkan untuk kembali ke program utama.

Contoh 1:

Sebuah benda kerja dengan kantong 4, akan difrais pada mesin frais CNC unit didaktis.Program utama diprogram dengan metoda absolut. Sub-program diprogram dengan metoda inkremental. Titik nol benda kerja seperti dilukiskan dalam. Penggeseran titik referensi menjadi titik nol benda kerja seperti terlihat pada Gambar 12.34. Diameter pisau frais = 8 mm

Dalam penyusunan program, harus diperhatikan bahwa titik awal program harus menjadi titik akhir program juga, artinya pisau frais harus kembali ke posisi puncak mata alat potong awal. Untuk pengerjaan kantong ini, titik nol benda kerja harus diprogram kembali langsung di bawah blok G25, lihat contoh lembar program di bawah.

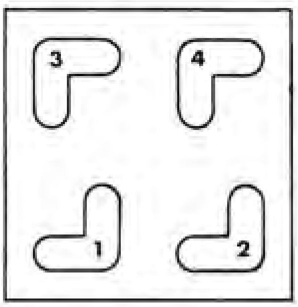



Gambar 12.34 Benda kerja dengan 4 kantong

Lembar pemprograman mesin frais CNC unit didaktik: Gambar 12.34:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **00** | 92 | – 3000 | 0 | 3000 | | $W_1$ | Program utama dengan metoda absolut |
| 01 | M06 | D400 | S2000 | 0 | T01 | | |
| 02 | 00 | 900 | 900 | 3000 | | | |
| 03 | 00 | 900 | 900 | 200 | | | |
| 04 | 25 | | | | L50 | $W_2$ | |
| **05** | 92 | 900 | 900 | 200 | | | |
| 06 | 00 | 900 | 900 | 200 | | | |
| 07 | 25 | | | | L50 | | |
| ... | | | | | | | |
| ... | | | | | | | |
| 50 | 91 | | | | | Program CNC untuk pemfrais-an satu kotak | |
| 51 | 01 | 0 | 0 | – 600 | | | |
| 52 | 01 | 700 | 0 | 0 | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 53 | 01 | 0 | 700 | 0 | | dengan meng-gunakan meto-da inkremental. |
| 54 | 01 | – 700 | 0 | 0 | | |
| 55 | 01 | 0 | – 700 | 0 | | |
| 56 | 00 | 0 | 0 | 600 | | |
| 57 | M17 | | | | | |
| ... | | | | | | |




Sub program dapat disusun sebanyak yang dikehendaki dalam satu program.

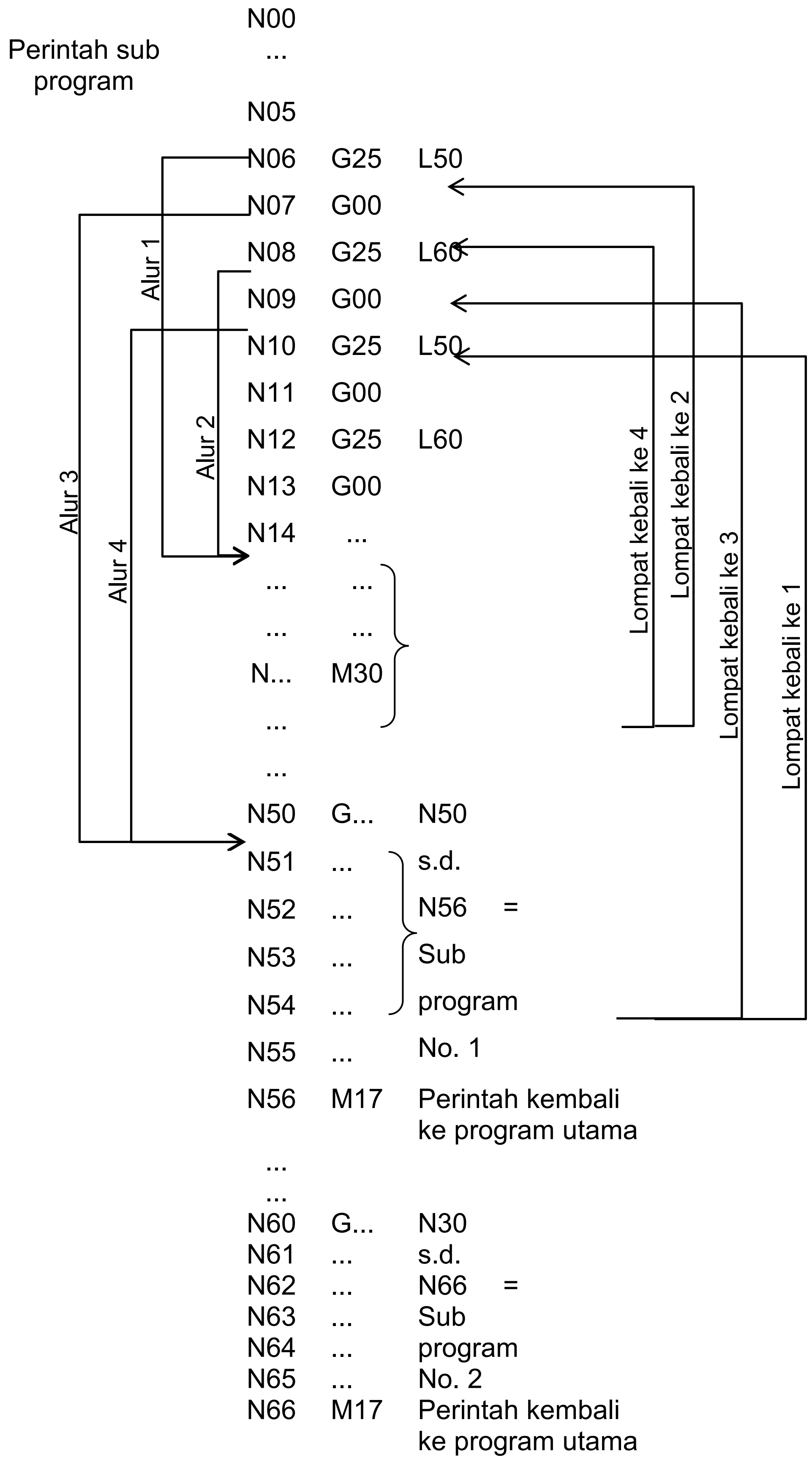
Contoh: lihat Gambar 12.35 di sam-ping.

Alur 1 dan 2 adalah sub program No. 1.

Alur 2 dan 4 adalah sub program No. 2

Prgram di bawah ini menunjukkan program pokok dengan metode inkre-mental, lihat Skema 12.1.

Gambar 12.35 Gambar kerja untuk 2 sub program

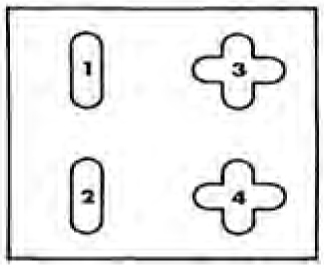



Skema 12. 1 Program utama dan sub program

**Sub Program Dari Bagian Suatu Sub Program**:

Bagian dari suatu sub program juga dapat dipanggil

Contoh:

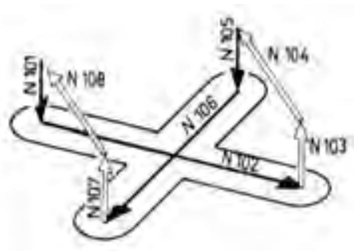



- Alur 1 dan 2 adalah identik dan terdapat dalam alur silang 3 dan 4.
- Buatlah sub program untuk 3 atau 4

  N100 / G91

  N101 / G01 …

Gambar 12.36 Gambar benda kerja identik



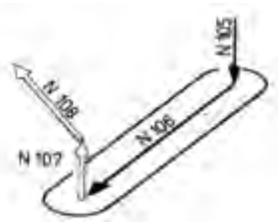

N102 ...

...

N108 ...

N109 /M17

Selanjutnya, blok 105 sampai dengan blon 108 dapat digunakan untuk pembuatan alur 1 dan 2

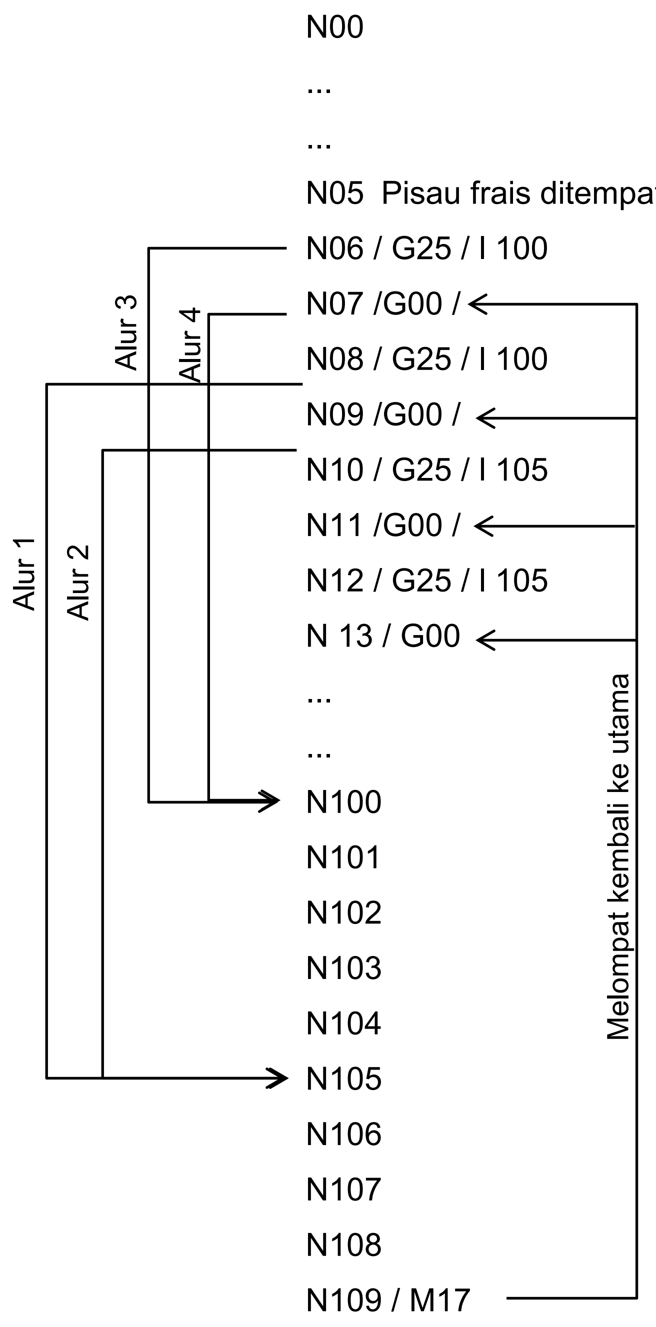



Inilah yang disebut bahwa bagian dari sub program dapat dipanggil, di mana pada contoh ini dpat dilihat:

N105 sampai dengan N109 /M17

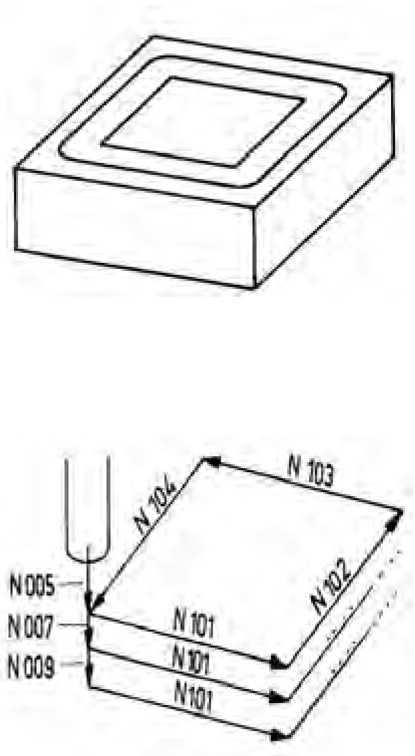
Lihat Skema 12.2.

Gambar 12.37 Lintasan alat porong




Skema 12.2 Program utama dan sub program identik

Perhatikan ketika suatu alur segiempat di frais. Jika alurnya dalam, pemotongannya harus sedikit demi sedikit. Cermati ilustrasi yang dilukiskan pada Gambar 12. 38 di bawah, Benda kerja dikerjakan pada bidang X – Y. Kedalaman pemotongan dilakukan sebanyak 3 kali.




Gambar 12.38 Prosedur penerapan Sub program

Sesuai dengan ilustrasi di samping bahwa:

- Pisau frais telah siap melakukan pemfraisan pada blok N005
- Pada blok N006 adalah blok pe-rintah lompatan ke sub program
- Blok sub programnya dimulai dari blok N101 sampai dengan blok 105
- Pada blok N005 melompat kembali ke program utama
- Blok N007 merupakan pemotong-an turun (pemfraisan tahap II) dalam program uama
- Pada blok N008 merupakan blok perintah melompat ke sub prog-ram.
- demikian seterusnya, sampai ke-dalaman pemotongan kotak ter-capai.

## 12.7 G27 — Perintah Pelompatan

Ada kalanya beberapa perintah harus dilompati, karena tidak diperlukan lagi atau harus melompat mundur ke blok terdahulu dalam satu program, karena perlu pengulangan langkah terdahulu. Dengan kata lain, melalui perintah G27 ini, eksekusi program CNC dapat dilompatkan maju atau mundur dalam suatu program sesuai dengan pengalamatan nomor blok lompatan, perhatikan format blok (lembar pemprograman)di bawah:

Lembar pemprograman mesin frais CNC unit didaktik:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **00** | | | | | | |
| 01 | | | | | | |
| 02 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| 29 | 27 | | | | L52 | |
| 30 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| 52 | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| 120 | | | | | | |
| 121 | 27 | | | | L30 | |

Pada lembar pemprograman di atas, terlihat bahwa pada blok N29 ada perintah melompat ke blok N52, dan pada blok N 121 ada perintah melompat kembali ke blok N30.

**Aplikasi blok Perintah Pelompatan — G27**

- Permukaan benda kerja di kerjakan atau tidak dikerjakan
- Ada program penghalusan, misalnya blok N04 sampai dengan N12
- Pada blok sebelum penghalusan ada blok sisipan

Lembar pemprograman mesin frais CNC unit didaktik:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **00** | | | | | | |
| 01 | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 02 | | | | | | |
| 03 | 21 | | | | | |
| 04 | | | | | | |
| … | Program penghalusan | | | | | |
| ... | (finishingprogram) | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |

Pada lembar pemprograman di atas ini, program penghalusan (finishing program) dilaksanakan .

Lembar pemprograman mesin frais CNC unit didaktik:

| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **00** | | | | | | |
| 01 | | | | | | |
| 02 | | | | | | |
| 03 | 27 | | | | L13 | |
| 04 | | | | | | |
| … | Program penghalusan | | | | | |
| ... | (finishingprogram) | | | | | |
| 12 | | | | | | |
| 13 | | | | | | |
| 14 | | | | | | |

Bila permukaan tetap tinggal kasar (tidak perlu dihaluskan), sesuai dengan lembar program di atas ini, Blok N03 → G21 diganti menjadi G27 dengan alamat pelompatan L13. Dengan program demikian ini, blok N04 sampai dengan blok N12 program penghalusan (finishing program) akan dilompati (tidak akan dikerjakan lagi).

## 12.8 Kompensasi Radius Pisau Frais Sejajar Sumbu

Untuk mesin frais CNC unit didaktik, ada beberapa kode G yang digunakan dalam kompensasi radius pisau frais sejajar sumbu, yakni:

G40 — Pembatalan kompensasi

G45 — Kompensasi dengan penambahan radius pisau

G46 — Kompensasi dengan pengurangan radius pisau

G47 — Kompensasi dengan penambahan radius pisau dua kali

G48 — Kompensasi dengan pengurangan radius pisau dua kali

Format blok dalam lembaran program:

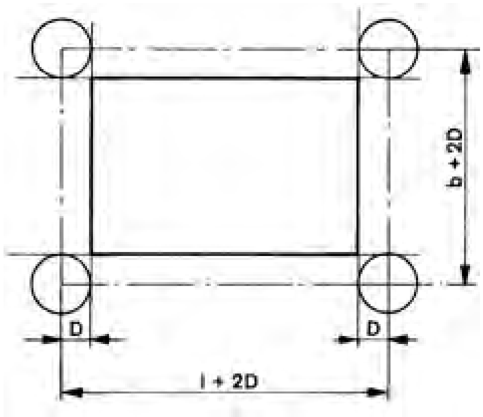
| **N** | **G**<br>**(M)** | **X**<br>**(I) (D)** | **Y**<br>**(J) S)** | **Z**<br>**(K)** | **F**<br>**(L)(T)(H)** | **Keterangan** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | G40 | | | | | |
| ... | G45 | | | | | |
| ... | G46 | | | | | |
| ... | G47 | | | | | |
| ... | G48 | | | | | |

G45 / G46 / G47 / G48 adalah fungsi modal / tetap berlaku, dan hanya akan batal, setelah G40 atau M30.

G45 dapat dilangkahi oleh G46 / G47 / G48, atau sebaliknya.

Sebelum pemprograman G45 / G46 / G47 / G48, data alat potongnya harus dinyatakan terlebih dahulu dengan **M06**.

Dalam contoh-contoh terdahulu, jalannya pisau frais selalu diprogram berdasarkan titik pusat puncak mata pisau frais, di mana radius pisau frais harus ditambahkan atau dikurangkan dari ukuran yang tertera pada gambar kerja.




Pekerjaan perhitungan (penjum-lahan atau pengurangan) terse-but dapat diambil alih oleh kom-puter melalui pemprograman kompensasi radius pisau frais.

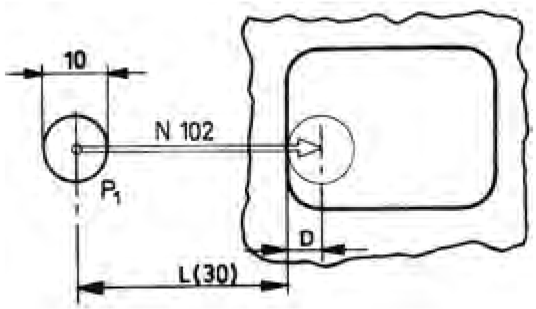
Gambar 12.39 Radius pisau frais (D)

**a). G45 — Penambahan Radiuas Pisau Frais**

Nilai penambahan radius pisau frais ini harus selalu dihitung secara inkremental. Sesuai dengan Gambar 12.40, pisau frais harus menyentuh sisi bagian dalam dari kontur, lihat gambar, sehingga dalam lembar program dapat diisi program CNC di mana nilai yang dimasukkan pada alamat X = L + D, lihat Gambar 12.40

Format blok dalam lembaran program:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | G00 | X =L + D | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |
| ... | | | | | | |




Gambar 12.40 Penambahan jari-jari pisau frais 1 x sejajar sumbu

Dengan data seperti terlihat dalam Gambar 12.40, disusunlah program CNC untuk kompensasi radius G45 seperti berikut:

**Pemprograman G45**:

- Komputer harus tahu radius pisau frais yang akan digunakan, sehingga dapat menghitung gerakan yang tepat (L + D).
  Pada blok sebelumnya, data alat potong harus dinyatakan, jika tidak akan muncul alaram A18.

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | | | | |
| ... | M06 | D500 | S2000 | 0 | T01 | |
| ... | ... | | | | | |

- Pemanggilan G45: merupakan perintah untuk penambahan radius pisau frais 1 kali.

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)( H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | | | | |
| ... | M06 | D500 | S2000 | 0 | T01 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | | | | | |
| ... | G45 | | | | | |

- Program gerakan lintasan L = 30 mm

  Komputer mengambil data alat potong dari perintah M06 yang diprogram sebelum blok G45..

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | | | | |
| ... | M06 | D500 | S2000 | 0 | T01 | |
| ... | ... | | | | | |
| ... | G45 | | | | | |
| ... | 00 | 3000 | 0 | 0 | | |

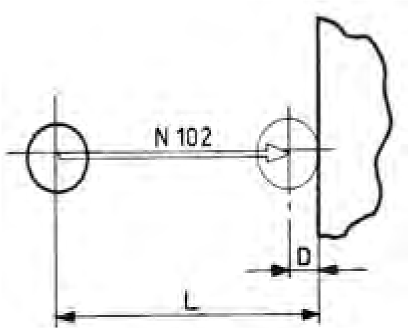
- Dengan G40, kompensasi radius dibatalkan

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | | | | |
| ... | M06 | D500 | S2000 | 0 | T01 | |
| ... | ... | | | | | |
| ... | G45 | | | | | |
| ... | G00 | 3000 | 0 | 0 | | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | ... |
| ... | G40 | | | | | |

**b). G46 — Pengurangan Radiuas Pisau Frais**

Nilai penambahan radius pisau frais ini harus selalu dihitung secara inkremental. Sesuai dengan Gambar 12.41, pisau frais harus menyentuh

sisi kanan bagian luar dari kontur, lihat gambar. Diameter pisau frais yang akan digunakan adalah 10 mm.




Gambar 12.41 Pengurangan jari-jari pisau frais 1 x sejajar sumbu

Format blok dalam lembaran program:

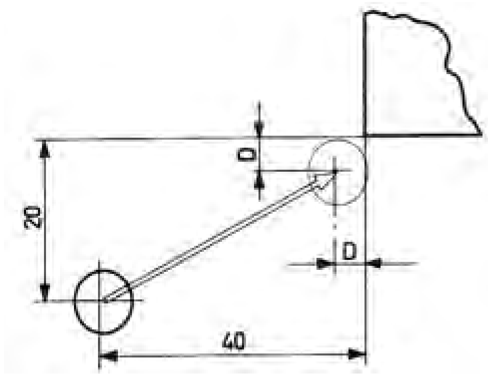
| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | Pisau frais akan ber-gerak se-panjang:<br>**L – D** |
| 100 | M06 | D500 | S2000 | 0 | T01 | |
| 101 | G46 | | | | | |
| **102** | **G01** | **X = L** | **Y = 0** | **Z= 0** | **F..** | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

**Pendekatan ke sisi – tidak sejajar dengan sumbu.**

***Pemprograman inkremental***:

Diameter pisau frais yang akan digunakan = 16 mm

Ukuran referensi Hz = 0




Gambar 12. 42 hubungan radius pisau frais – tidak sejajr sumbu

Format blok dalam lembaran program:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| 100 | M06 | D800 | S1500 | 0 | T01 | |
| 101 | G46 | | | | | |
| **102** | **G01** | **X 4000** | **Y 2000** | **Z0** | **F..** | |
| 104 | M30 | ... | ... | ... | ... | |

***Pemprograman Absolut***:

Diameter pisau frais yang akan digunakan = 16 mm

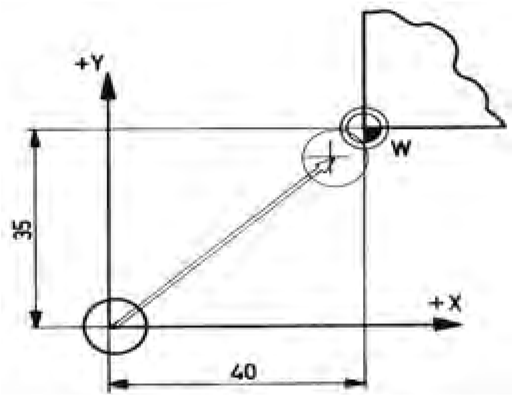
Ukuran referensi Hz = 0

Titik nol seperti telihat pada gambar` 12.43

Format blok dalam lembaran program:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | G92 | – 4000 | – 3500 | 1000 | | |
| 100 | M06 | D800 | S1500 | 0 | T01 | |
| 101 | G46 | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **102** | **G00** | **X 0** | **Y 0** | **1000** | | |
| 104 | M30 | ... | ... | ... | ... | |



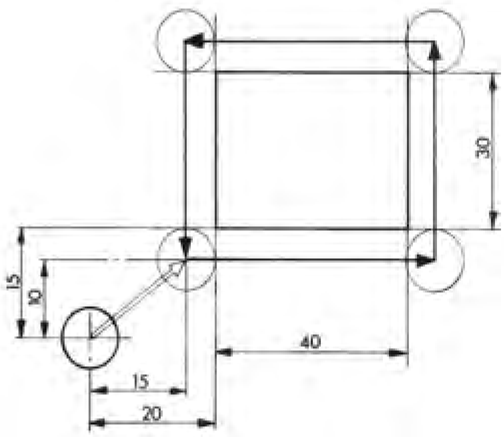

Gambar 12. 43 Pendekatan ke sisi – tidak sejajr sumbu

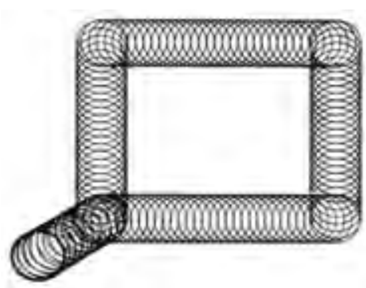
### c). G47 — Penambahan Radiuas Pisau Frais 2 kali

Kontur bagian luar harus difrais dengan mesin frais CNC unit didaktis. Mode pemprograman: Inkremental

Diameter pisau frais yang akan digunakan adalah ∅ 12 mm.

Titik awal seperti pada Gambar. 12.44



Gambar 12. 44 Penambahan radius pisau 2 x dan ilustrasi lintasan pisau

Format blok dalam lembaran program:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | M06 | D600 | S2000 | | T01 | |
| 01 | G46 | | | | | |
| 02 | G01 | X2000 | Y1500 | Z0 | F… | |
| 03 | G47 | | | | | |
| 04 | G01 | X4000 | Y0 | Z0 | F... | |
| 05 | G01 | X 0 | Y3000 | Z0 | F... | |
| 06 | G01 | X – 4000 | Y0 | Z0 | F... | |
| 07 | G01 | X 0 | Y–3000 | Z0 | F... | |
| 08 | G46 | | | | | |
| 09 | G00 | X –2000 | Y–1500 | Z0 | | |
| 10 | M30 | | | | | |

Blok N04 sampai dengan N07, radius pisau frais ditambahkan dua kali.
Blok N02 dan N09, radius pisau frais dikurangkan satu kali.

**d). G48 — Pengurangan Radiuas Pisau Frais 2 kali**

Pemfraisan kontur bagian dalam. Radius pisau frais = 6 mm. Mode pemprograman inkremental.

Format blok dalam lembaran program — Inkremental:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | M06 | D600 | S2000 | 0 | T01 | |
| 01 | G45 | | | | | |
| 02 | G00 | X2000 | Y1500 | Z0 | | |
| 03 | G01 | X 0 | Y 0 | Z – 500 | F.. | |

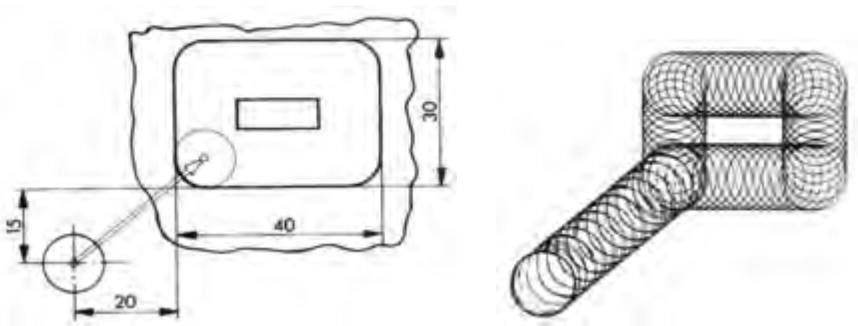
| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 04 | G48 | | | | | |
| 05 | G01 | X4000 | Y0 | Z0 | F... | |
| 06 | G01 | X0 | Y3000 | Z0 | F... | |
| 07 | G01 | X –4000 | Y0 | Z0 | F... | |
| 08 | G01 | X0 | Y–3000 | Z0 | F... | |
| 09 | G01 | X0 | Y0 | Z500 | F... | |
| 10 | G45 | | | | | |
| 11 | G00 | X–2000 | Y–1500 | Z0 | | |
| 12 | M30 | | | | | |

Blok N13 : Masuk untuk kedalaman 5 mm

Blok N05 – N08: Kontur bagian dalam

Blok N9 : Keluar dari kontur bagian dalam

Blok N11 : Penarikan ke posisi awal

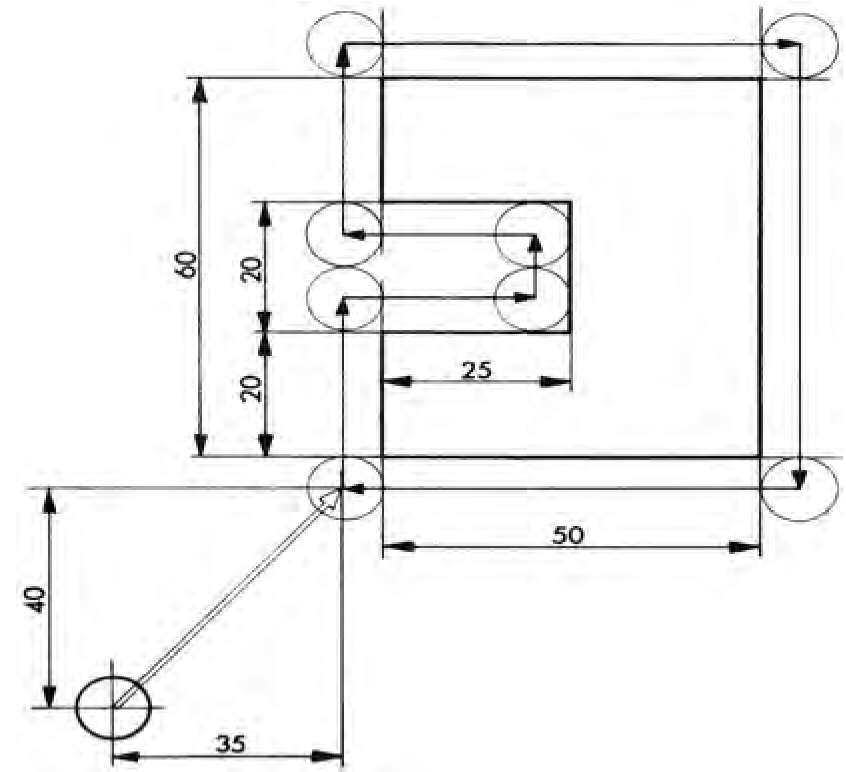



Gambar 12.45 Penambahan radius pisau 2 x dan ilustrasi lintasan pisau

**Kombinasi Kontur Bagian Dalam dan Bagian Luar**:

Mode pemprograman adalah Inkremental.

Pisau frais yang digunakan adalah HSS ∅ 5 mm




Gambar 12.46 Aplikasi kompensasi radius 46, 47, dan 48

Pemprograman sesuai Gambar 12.46

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | M06 | D500 | S2000 | 0 | T01 | |
| 01 | G46 | | | | | |
| 02 | G00 | X3500 | Y1000 | Z0 | | |
| 03 | G47 | | | | | |
| 04 | G01 | X0 | Y2000 | Z0 | F100 | |
| 05 | G40 | | | | | |
| 06 | G01 | X2500 | Y0 | Z0 | F100 | |
| 07 | G48 | | | | | |
| 08 | G01 | X0 | Y2000 | Z0 | F100 | |
| 09 | G40 | | | | | |
| 10 | G01 | X–2500 | Y0 | Z0 | F100 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 11 | G47 | | | | | |
| 12 | G01 | X0 | Y2000 | Z0 | F100 | |
| 13 | G01 | X5000 | Y0 | Z0 | F100 | |
| 14 | G01 | X0 | Y–6000 | Z0 | F100 | |
| 15 | G01 | X–5000 | Y0 | Z0 | F100 | |
| 16 | G46 | | | | | |
| 17 | G00 | X–3500 | Y–1000 | | | |
| 18 | M30 | | | | | |

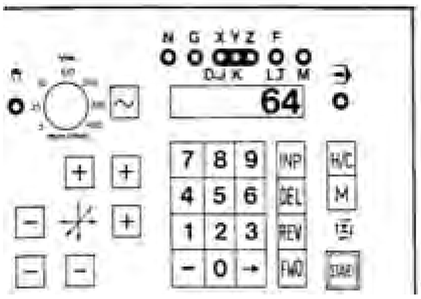
## 12.9 G64 — Pemutusan Arus ke Motor Step

G64 ini adalah fungsi murni, artinya tidak akan tersimpan dalam memori. Fungsi ini hanya berfungsi untuk memutuskan arus ke motor step. Kode G atau kode M yang terprogram sebelumnya tetap berlaku atau tersimpan.

Pemprograman adalah sebagai berikut:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | G64 | | | | | |

Prosedur:

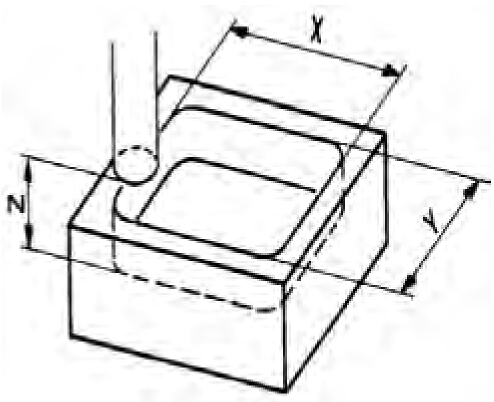



Gambar 12.47 VDU

1). Tekan tombol tanda panah (⇒) sampai lampu G berkedip)
2). Bila muncul angka pada VDU (*Visual Display Unit*), tekan tombol **DEL**.
3). Tekang tombol angkla 6 dan 5
4). Tekan tombol INP untuk me-netapkan angka 6 dan 4 di atas. Sekarang motor sudah tidak dialiri arus lagi.

## 12.10 G72 — Siklus Pemfraisan Kantong

Bentuk kantong adalah bentuk yang umum pada proses pemfraisan. Pemprograman dari beberapa blok tunggal dapat digabung di dalam suatu blok siklus, sehingga program tidak terlalu panjang. Fungsi siklus ini telah dirancang oleh pembuat, sehingga penggunaannya menjadi efisien dan efektif.




Pemprograman G73:

1). G72
2). Nilai X, ukuran bagian da-lam dari kantong searah sumbu X.
3). Nilai Y, ukuran bagian da-lam dari kantong searah sumbu Y.
4). Nilai Z = dalamnya kan-tong
5). Nilai F = kecepatan pema-kanan.

Gambar 12. 48 Kantong pada benda kerja

Lembar Pemprograman:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | M06 | D = ... | S = ... | | T01 | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | **G72** | X ± … | Y ± … | Z ± … | F … | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

Sebelum blok G72 ini di program, maka pada blok sebelumnya harus diprogram M06, radius pisau frais, kecepatan spindelnya, dan alat

potongnya, sehingga komputer akan menghitung gerakan yang efektif sesuai dengan ukuran kantong. Jika M06 tidak diprogram pada blok sebelumnya, amak akan muncul Alaram, ”**A18**”.

**Urutan Pemfraisan Kantong**:

Pisau frais harus ditempatkan ter-lebih dahulu, sebelum pemfraisan kantong dimulai.

1). Pisau frais bergerak ke dalam kantong dengan nilai – Z .

2). Pemfraisan seluruh kantong.

Gerakan pertama adalah pada arah sumbu X.

Tanda tersebut menentukan urut-an geraknya.

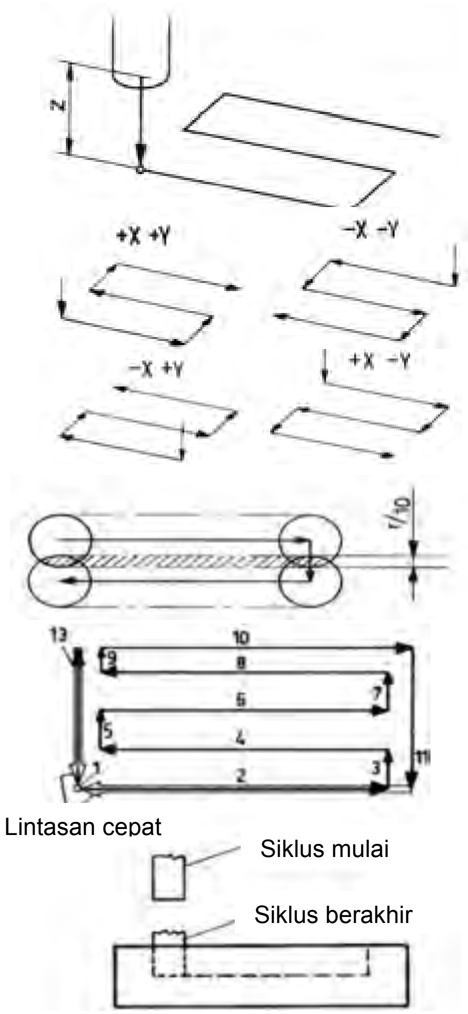
Dalam operasi kantong ini akan terjadi tumpang tindih lintasan pi-sau frais sebesar 1/10 x R pisau frais. Komputer akan mengambil informasi tentang radius dari data radus pisau frais yang ada pada alamat D pada blok di mana M06 terdapat.

3). Penghalusan (finishing)

Sisinya dihaluskan. Lintasan 10, 11, dan 13. Besarnya ketebalan penghalusan = 1/10 x r pisau frais.

4). Pisau bergerak keluar dari dalam kantong (arah Z) ke posisi awal.

Siklus pemfraisan kantong selesai.



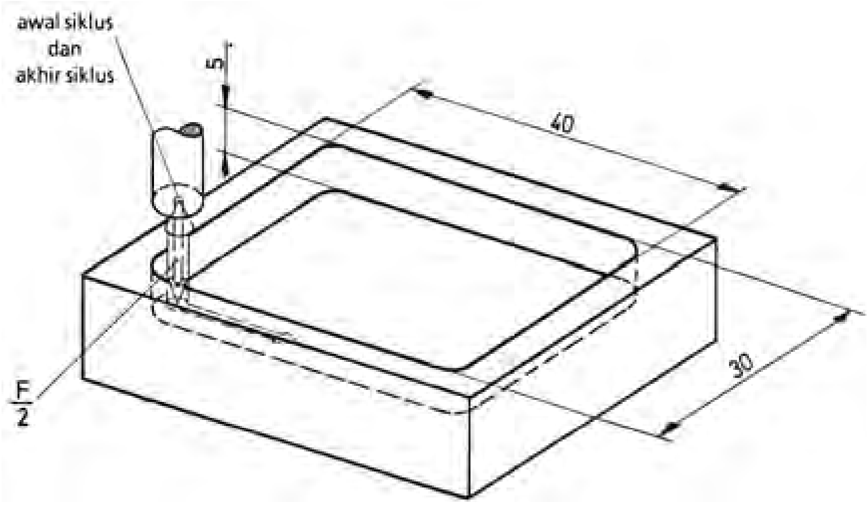

Gambar 12.49 Urutan pemfraisan kantong

Kantong dapat diprogram dalam mode absolut atau inkremental. Dalam pemprograman inkremental, nilai-nilai X, Y, dan Z di berikan dari posisi awal.

***Catatan***:

Untuk mesin frais tegak, kecepatan pemakanan arah Z (tegak) harus 1/3 s.d. 1/2 dari kecepatan pemakanan datar. Oleh sebab itu, dianjurkan agar blok pemakanan tegak diprogramkan pada blok sebelum G72.

Awal siklus dan akhir siklus adalah identik, lihat Gambar 12. 50. Penarikan ke posisi awal adalah dengan G00.




Gambar 12.50 Awal dan akhir siklus

Lembar Pemprograman inkremental:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | M06 | D = ... | S = ... | | T01 | |
| ... | 01 | X0 | Y0 | Z–500 | ... | |
| ... | **G72** | X 4000 | Y 3000 | Z 0 | F 100 | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

Contoh:

Sebuah kantong pada benda kerja seperti terlihat pada Gambar 12.51 akan difrais pada mesin frais CNC unit didaktik, dimana;

∅ pisau frais = 10 mm

Kantong diprogram secara inkremental

Posisi awal untuk siklus seperti diilustrasikan pada gambar.

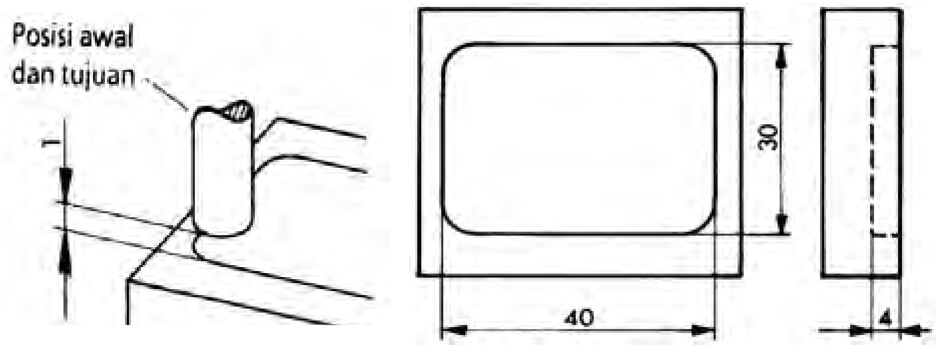
Lembar Pemprograman inkremental:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| 05 | 00 | | | | | |
| 06 | M06 | D = 500 | S = 2000 | 0 | T01 | |
| 07 | **G72** | X 4000 | Y 3000 | Z–500 | F 100 | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

N05 → Lintasan ke posisi awal

N06 → Data alat potong

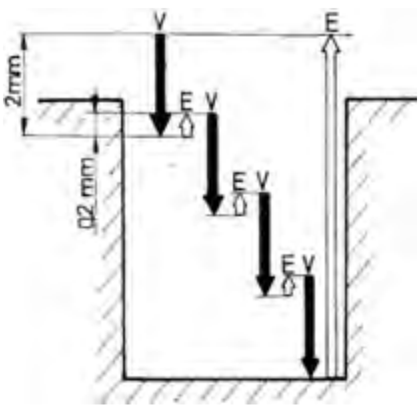
N07 → siklus pempraisan kantong




Gambar 12.51 Awal siklus dan tujuan dalam pemfraisan kantong

## 12.11 G73 — Siklus Pemboran Dengan Pemutusan Tatal

Siklus pemboran ini berfungsi untuk menghilangkan ceruk pada bagi-an ujung lubang. Dalamnya pemboran diprogram dengan Z, perhatikan Gambar 12.52. Biasanya siklus pemboran dengan pemutus tatal ini digunakan untuk bahan yang sulit dipotong




Urutan Gerakan:

1). 2 mm dengan kecepatan terprogram

2). 0.2 mm kembali dengan lintasan cepat

3). 2 mm dengan kecepatan terprogram

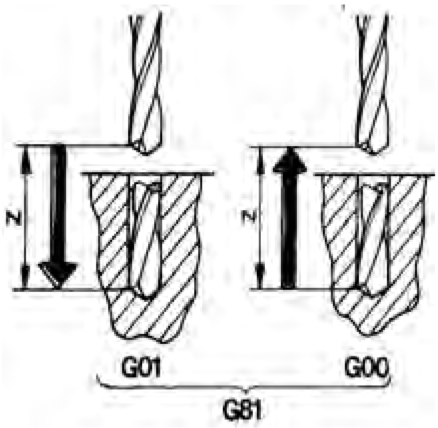
Gambar 12.52 Ilustrasi siklus pemboran dengan pemutusan tatal

Lembar Pemprogramaan untuk G73:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 73 | | | Z± … | … | |

## 12.12 G81 — Siklus Pemboran

Sesungguhnya, pemboran juga dapat dilaksanakan dengan G00 dan G01. Dengan G00, puncak mata bor di dekatkan ± 2 mm di atas titik pemboran.




G01 melakukan pemboran dengan kecepatan terprogram hingga kedalaman lubang yang dikehendaki. Setelah kedalaman lubang selesai dibor, alat potong (mata bor) kembali dengan cepat (G00) ke posisi / bidang penarikan. Kedua gerakan inilah (G01 dan G00) yang terdapat dalam fungsi siklus pemboran (G81), lihat Gambar 12.53.

Gambar 12.53 Siklus pemboran — G81

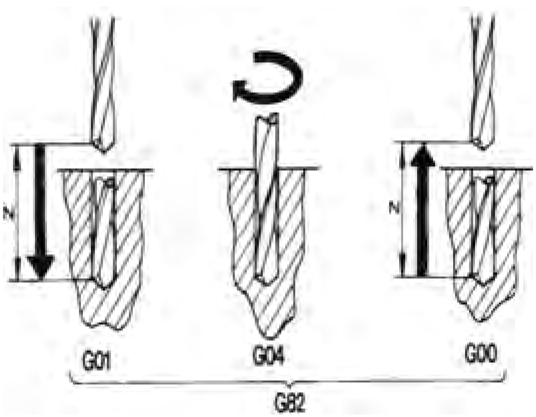
Lembar Pemprograman untuk G81:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 81 | | | Z± … | … | |

***Aplikasi***:

Siklus pemboran (G81) ini digunakan untuk menbuat lubang tembus yang tidak terlalu dalam.

## 12.13 G82 — Siklus Pemboran Dengan Tinggal Diam




Jika dalamnya lubang telah dicapai, penarikan dengan G81 dimulai dengan segera (lintasan cepat). Tatalnya disobek, sehingga pemukaan pada dasar lubang tidak bersih. Untuk mengatasi hal tersebut, dirancanglah agar mata bor diam sesaat dalam posisi Z terprogram (tujuan akhir pemboran).

Gambar 12.53 Siklus pemboran dengan tinggal diam — G82

Urutan gerak:

1). Gerakan pertama dengan kecepatan pemakanan (terprogram)

2). Jika dalamnya lubang telah dicapai, mata bor diam sesaat ± 0.5 detik

3). Mata bor kembali ke bidang penarikan dengan lintasan cepat (G00).

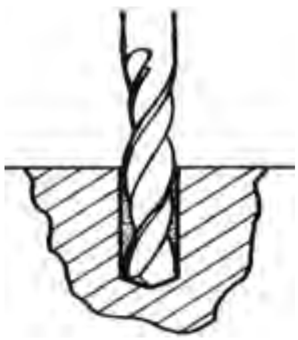
Lembar Pemprograman untuk G82:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 82 | | | Z± … | … | |

***Aplikasi***:

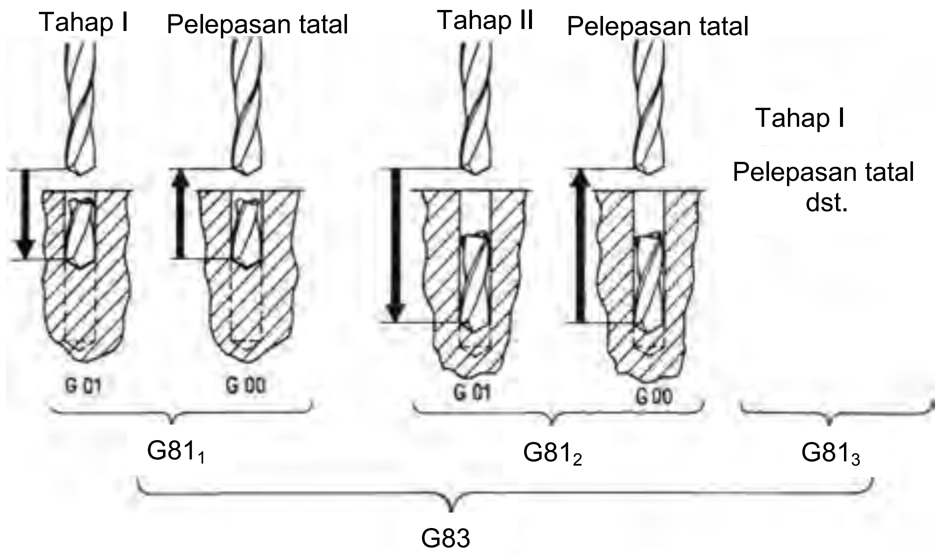
Siklus pemboran (G82) ini digunakan untuk membuat lubang buntu dengan kedalaman lubang sedang.

## 12.14 G83 — Siklus Pemboran Dengan Penarikan



Gambar 12.54 Pemboran

Sering terjadi pada pemboran lubang yang terlalu dalam, tatal tidak dapat mengalir keluar sebagaimana yang seharusnya. Mata bor harus ditarik hingga bidang penarikan, agar tatalnya keluar dari dalam lubang. Untuk itu, pekerjaan seperti itu dapat diprogram dengan blok tunggal, yakni G01 / G00 / G01 / G00 / dsn seterusnya. Pemprograman dengan blok tunggal ini diwadahilah dengan siklus pemboran dengan penarikan (G83), lihat Gambar 12. 55. Gambar menunjukkan bahwa beberapa siklus digabungkan menjadi siklus baru.




Gambar 12.55 Siklus pemboran dengan penarikan — G83

Lembar Pemprograman untuk G83:

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) S) | Z (K) | F (L)(T)( H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 83 | | | Z± … | … | |

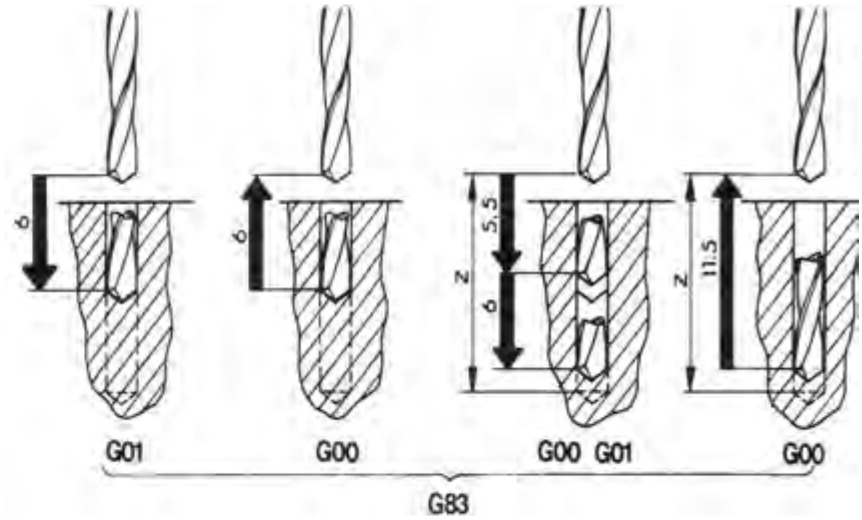
***Aplikasi***:

Siklus pemboran (G82) ini digunakan untuk membuat lubang yang dalam.

**Contoh**: Prosedur:

1). Membor untuk kedalaman 6 mm dengan kecepatan terprogram
2). Penarikan setinggi 6 mm dengan lintasan cepat .
3). Turun ke bawah 5.5 mm dengan lintasan cepat dan turun lagi 6 mm dengan kecepatan pemakanan terprogram
4). Kembali ke titik awal dengan lintasan cepat.
5). Turun lagi 11 mm dengan lintasan cepat, lalu turun lagi melakukan penyayatan 6 mm dengan kecepatan pemakanan terprogram.

Demikian seterusnya hingga kedalaman pemboran tercapai, lihat ilustrasi pada Gambar 12.56.

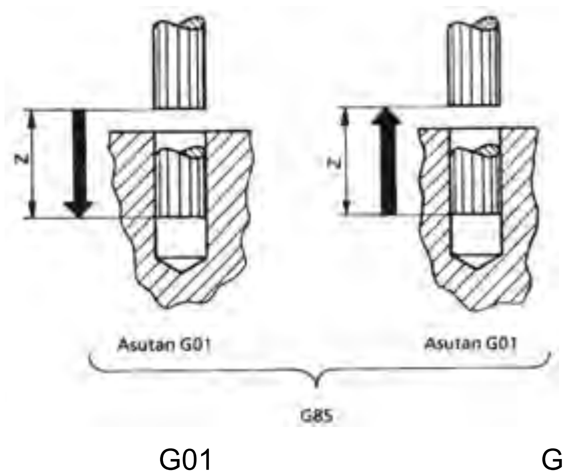



Gambar 12.56 Tahapan Siklus pemboran dengan Penarikan

## 12.15 G85 — Siklus Perimeran (Peluasan Lubang)

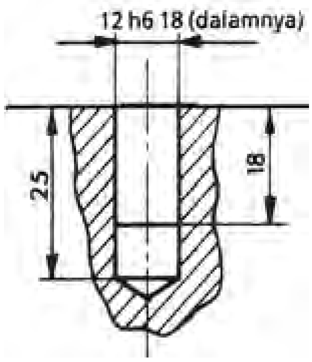
Untuk memperoleh permukaan lubang berkualitas tinggi, digunkanlah rimer (peluas lubang). Dengan menggunakan bor spiral, akan diperoleh kualitas 11 sampai dengan 12, tetapi untuk lubang yang berstandar kualitas tinggi harus menggunakan rimer. Dengan rimer akan diperoleh kualitas 6

G85 merupakan kombinasi dua perintah G01




G01 G01

Gambar 12.57 Siklus Perimeran — G85




Dalamnya lubang yang dirimer, ditunjukkan dalam gambar teknik, seperti terlihat dalam Gambar 12.58 di samping.

Gambar 12.58 Dalamnya lubang rimer

Lembar Pemprograman untuk G85:

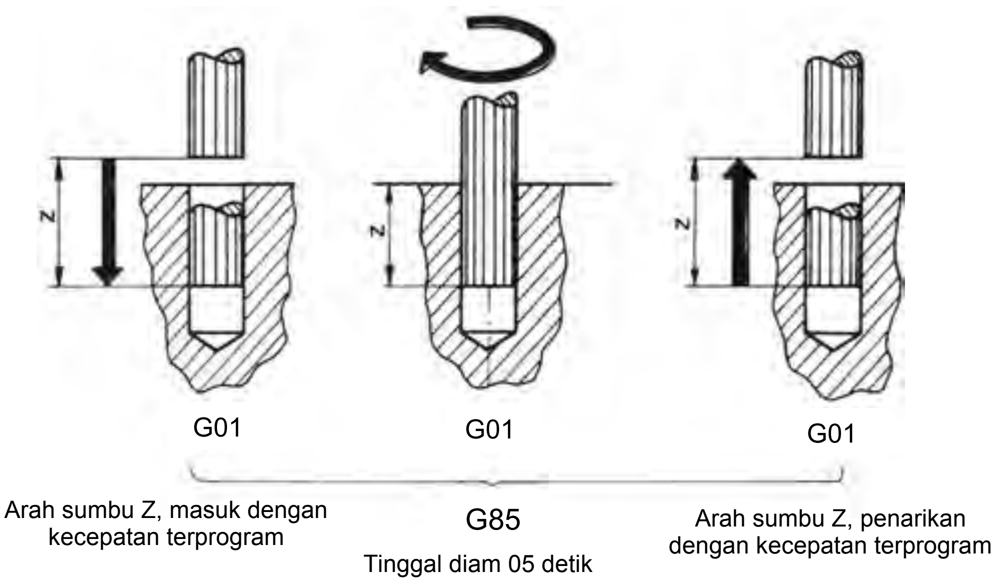
| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 85 | | | Z± … | … | |

### 12.16 G89 — Siklus Perimeran Dengan Tinggal Diam

Urutannya sama dengan G85. Hanta ujung rimernya akan tinggal diam 0.5 detik pada posisi titik mati, yakni ketika dalamnya lubang yang diprogram dicapai.

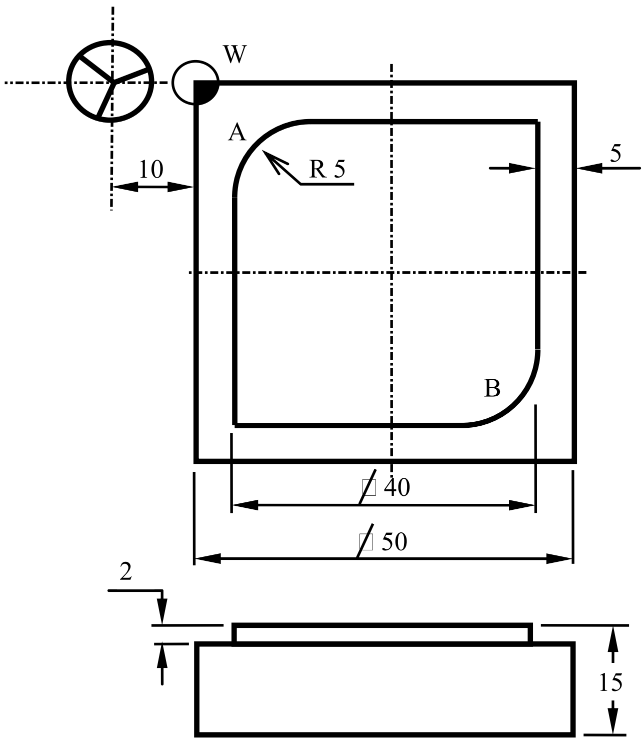
Lembar Pemprograman untuk G85:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | 89 | | | Z± … | … | |




Gambar 12. 59 Tahapan siklus perimeran dengan tinggal diam — G89

Contoh : Sebuah balok aluminium dengan ukuran seperti pada Gambar 12.60, akan difrais dengan pisau frais ujung dari HSS ∅ 10 mm. Mata pisau tersebut terdiri dari tiga spiral, kedalaman pemotongan adalah 2 mm, dan lebar penyatan per gigi 0.02 mm/put. Cs = 40 m/minit




Gambar 12.60 Pemfraisan Lurus dan Radius

Hitunglah:

1). Putaran spindel utama (ppm).
2). Kecepatan pemakanan (mm/min).
3). Susunlah program dengan metoda, Absolut dengan G92 di mana titik nol benda kerja berada di sudut kiri atas benda kerja yang terpasang pada penjepit.

Catatan: Posisi pisau frais terhadap benda kerja adalah sebagai berikut:

a. – 10 mm dari sisi sebelah kiri benda kerja arah sumbu X.
b. berimpit dengan ordinat nol sumbu Y,
c. 50 mm di atas permukaan benda kerja terpasang.

Penyelesaian:

1). S = (1000 x Cs) / ($\pi$ x d)

S = (1000 x 40) / (3.14 x 10) = 40.000 / 31.4

**S** = 1274 $\approx$ 1250 rpm (ppm)

2). F = f x S x 3 = 0.02 x 1250 x 3 = 75

**F** = 75 mm/minit

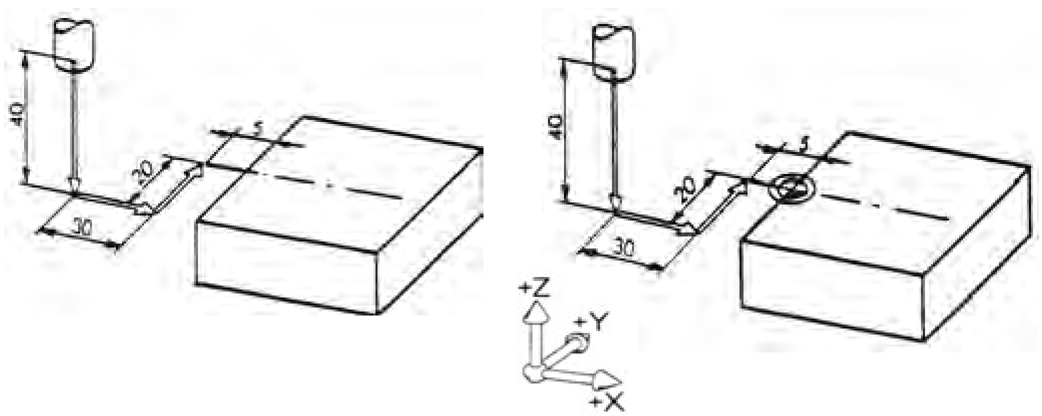
3).Pemprograman Absolut — G92 :

| **N** | **G** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** | **KETERANGAN** |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 92 | -1000 | 0 | 5000 | | Fungsi pencatat jarak posisi puncak mata alat-potong dari titik nol benda kerja (W) |
| 01 | 00 | -1000 | 0 | 200 | | Penempatan alat-potong 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 02 | M03 | | | | | Spindel jalan. |
| 03 | 01 | -1000 | 0 | -200 | 80 | Alat-potong diturunkan 2 mm dari per-mukaan |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | benda kerja |
| 04 | 01 | 5000 | 0 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +X |
| 05 | 01 | 5000 | -4000 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu -Y |
| 06 | 02 | 4000 | -5000 | -200 | 80 | Penyayatan radius B |
| 07 | M99 | I 1000 | J0 | | | |
| 08 | 01 | 0 | -5000 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +X |
| 09 | 01 | 0 | -1000 | -200 | 80 | Penyayatan benda kerja arah sumbu +Y |
| 10 | 02 | 1000 | 0 | -200 | 80 | Penyayatan radius A |
| 11 | 00 | 1000 | 0 | 200 | | Alat-potong naik 2 mm di atas permukaan benda kerja |
| 12 | M05 | | | | | Spindel mati |
| 13 | 00 | -1000 | 0 | 5000 | | Alat-potong kembali ke posisi semula |
| 14 | M30 | | | | | Penutup program |

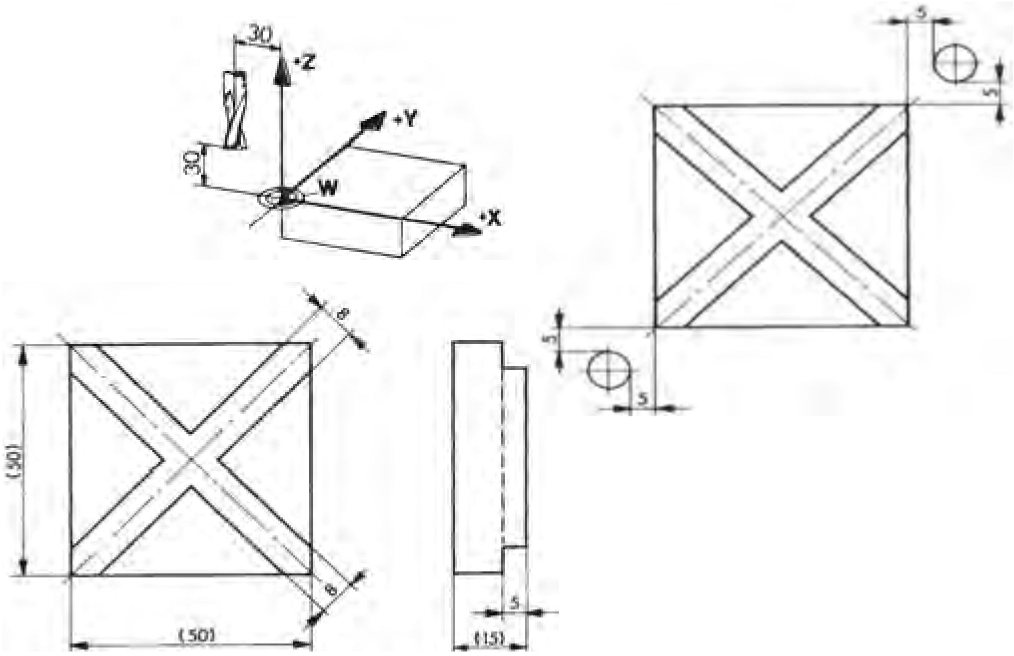
## c. Tugas

1. Susunlah program CNC dengan menggunakan G00 untuk penempatan puncak mata alat potong (pisau frais) mendekati benda kerja secara:
   (a) inkremental, dan
   (b) absolut , masing-masing untuk sesuai gambar di bawah:



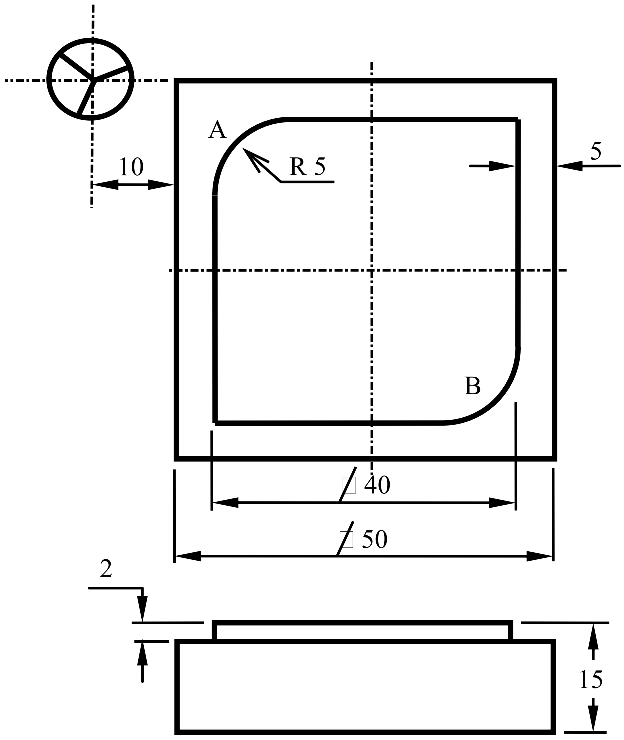

(a) (b)

2. Diameter pisau frais yang digunakan untuk mengerjakan alur sudut dalam tugas ini adalah ∅8 mm. Susunlah program CNC secara absolut dan inkremental, gunakan G00 dan G01. Bahan pisau frais adalah HSS dan posisi puncak mata pisau seperti terlihat pada gambar di bawah. Posisi awal pemfraisan: 5 mm dari sisi kiri benda kerja (X) dan 5 mm dari sisi terdekat benda kerja (Y)
   Posisi tujuan pemfraisan: X = 5 mm dan Y = 5 mm, lihat Gambar.

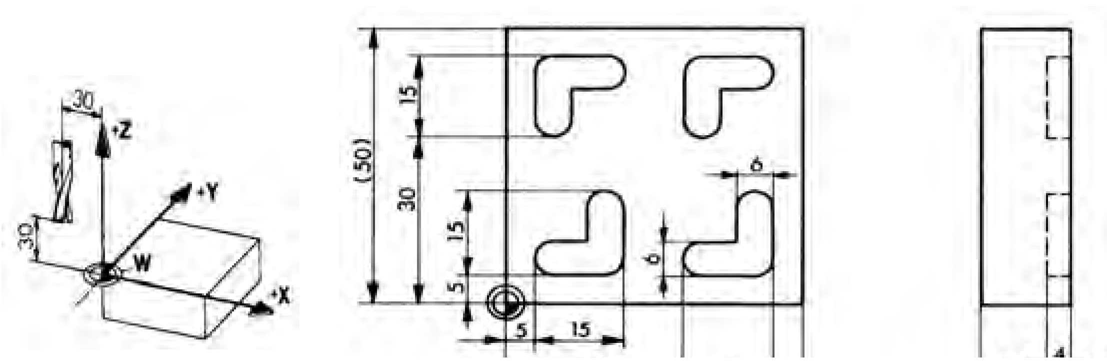



3. Sebuah balok aluminium dengan ukuran seperti terlihat pada gambar di bawah, akan difrais dengan pisau frais ujung dari HSS ∅ 10 mm. Mata pisau tersebut terdiri dari dua spiral, kedalaman pemotongan adalah 2 mm, dan lebar penyatan per gigi 0.02 mm/put., hitunglah:
   1). Putaran spindel utama (ppm).
   2). Kecepatan pemakanan (mm/min).
   3). Susunlah program dengan metoda inkremental (G91) dan Absolut (G90) dengan titik awal seperti diilustrasikan pada gambar.

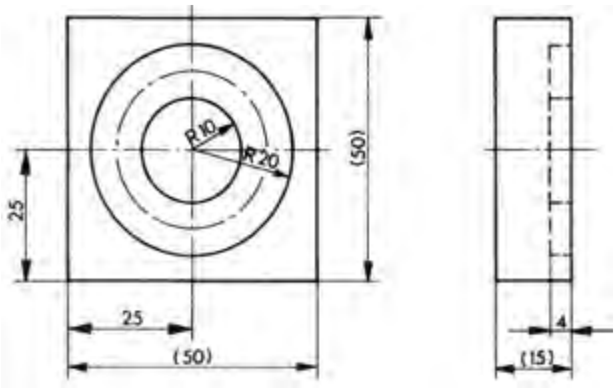
   Catatan: Posisi pisau frais terhadap benda kerja adalah sebagai berikut:
   a. – 10 mm dari sisi sebelah kiri benda kerja arah sumbu X.
   b. berimpit dengan ordinat nol sumbu Y,
   c. 50 mm di atas permukaan benda kerja terpasang.

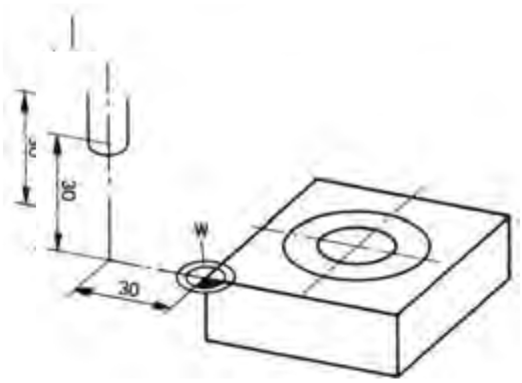



3. Susunlah program CNC untuk gambar dibawah. Dalam hal ini diperlukan dua sub program yang disusun dengan metoda inkremental. Titik nol benda kerja seperti terlihat pada gambar. Sementara alat potong yang digunakan adalah HSS ∅ 6 mm.
4.



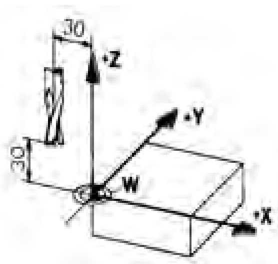

5. Susunlah program untuk pemfraisan benda kerja seperi diilustrasikan pada gambar berikut, baik dengan alternatif 1 maupun alternatif 2:

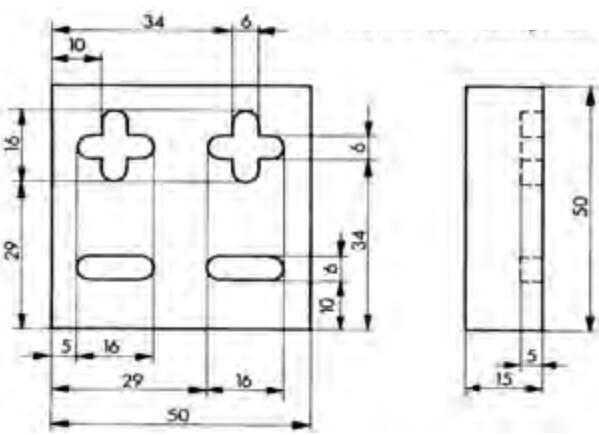


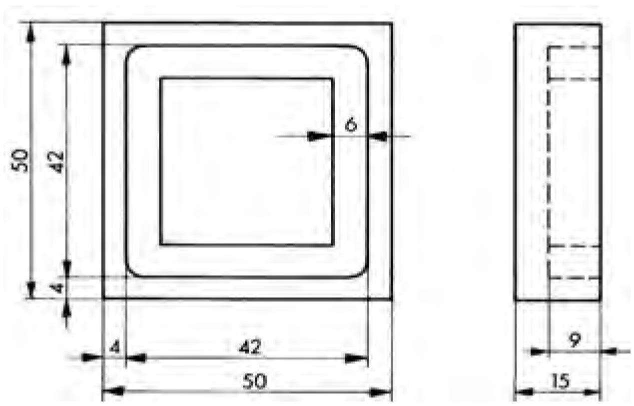

Alternatif 1 Alternatif 2

6. Gambar di bawah ini akan dikerjakan pada mesin frais CNC unit didaktik. Susunlah program CNC (program utama dan sub program). Titik nol benda kerja seperti terlihat pada gambar di bawah.

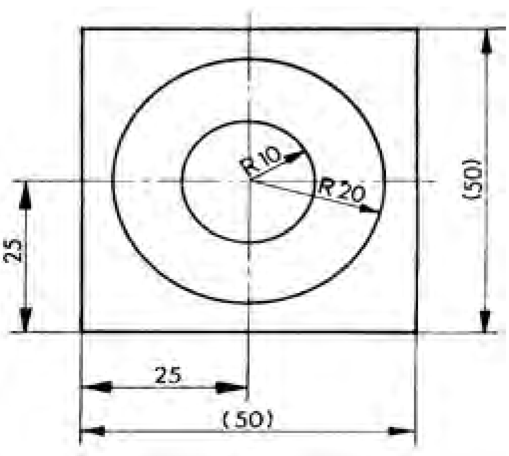


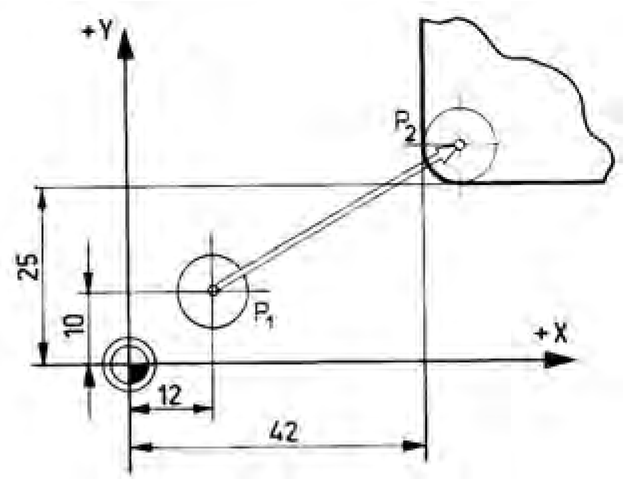
7. Susunlah program CNC untuk pemesinan gambar di bawah, titik nol benda kerja ditentukan sendiri. Sub programnya dilakukan tiga kali. Diameter pisau 6 mm.



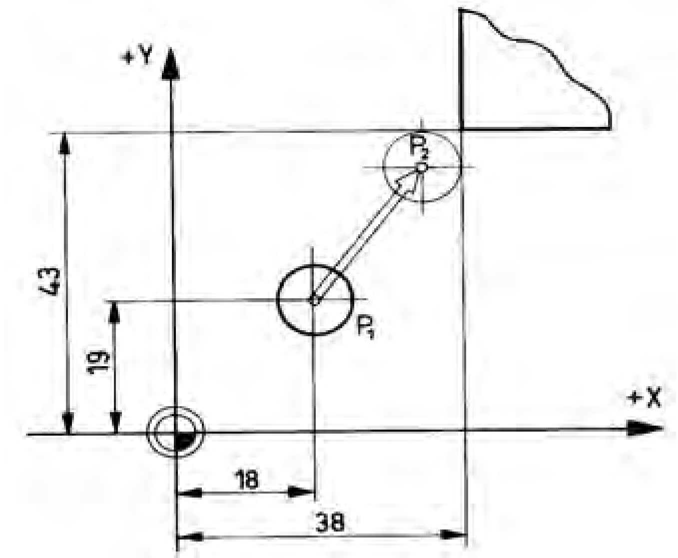

8. Buatlah sketsa yang menunjukkan titik nol benda kerja, lalu susun program CNC, di mana program utama dengan metoda absolut dan sub program dengan metoda inkremental. Untuk kedalaman, dua kali pemotongan.



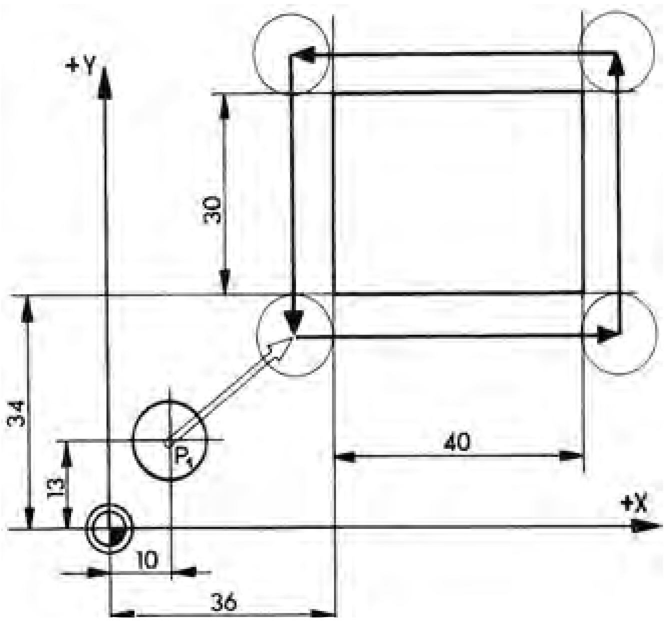

9. Berkaitan dengan kompensasi radius pisau frais, programlah jarak lintasan dari $P_1$ ke $P_2$ dalam mode inkremental dan absolut untuk gambar di bawah, jika radius pisau frais yang digunakan adalam ∅ 12 mm dan titik nol di ambil dari titik $P_1$.



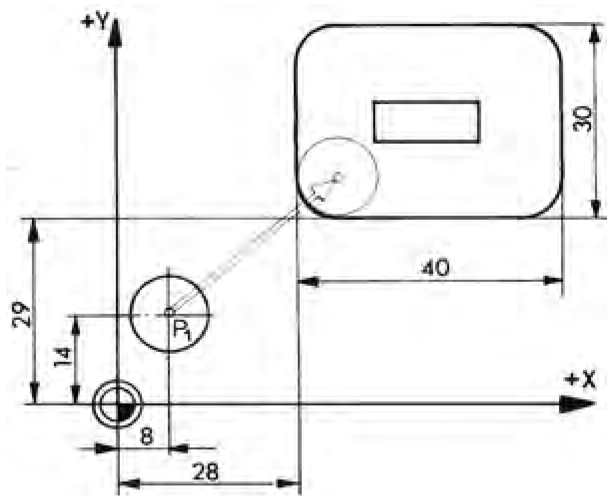

10. Untuk kompensasi radius pisau frais, programlah jarak lintasan dari $P_1$ ke $P_2$ dalam mode inkremental dan absolut untuk gambar di bawah, jika radius pisau frais yang digunakan adalah ∅ 12 mm dan titik nol di ambil dari titik $P_1$:




11. Susunlah program CNC secara absolut dan inkremental untuk gambar di bawah dan gunakan kompensasi radius G47., jika radius pisau frais yang digunakan adalah ∅ 5 mm dan titik nol di ambil dari titik $P_1$.

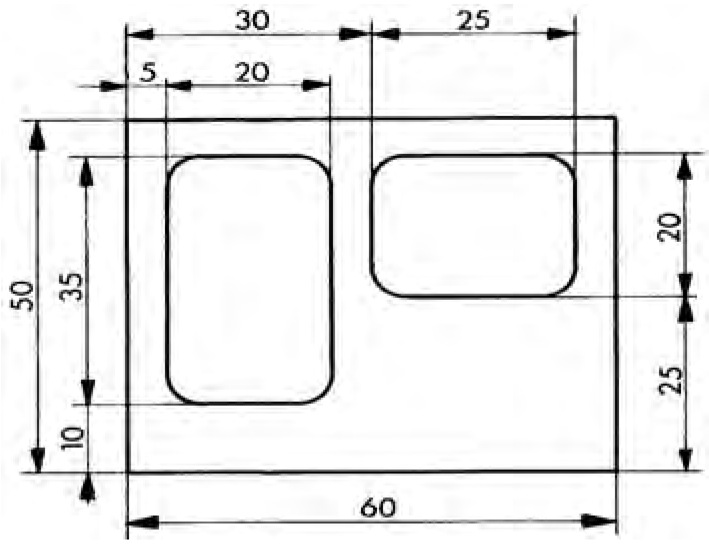



12. Radius pisau frais yang akan digunakan untuk pemfraisan alur dalam sebagaimana dilukiskan dalam gambar di bawah adalah 5 mm. Titik awal untuk inkremental dan titik nol untuk absolut adalah pada titik $P_1$. Susunlah program CNC untuk pemfraisan benda kerja ini, baik secara inkremental maupun absolut.

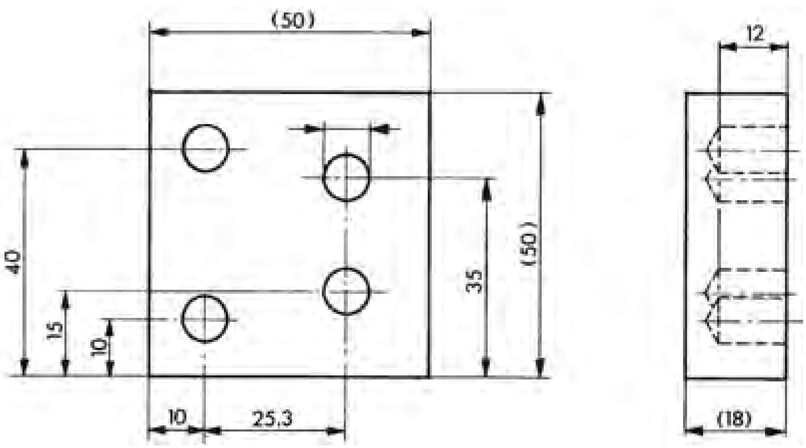



13. Untuk Gambar 12.46. susunlah program CNC secara absolut dengan menggunakan kompensasi radius pisau frais. Titik nol, seperti terlihat pada Gambar tersebut dan pisau frais yang digunakan adalah HSS ∅ 10 mm.

14. Gambar di samping menunjukkan sebuah benda kerja dengan kantong. Susunlah program CNC untuk pemfraisan benda kerja tersebut dalam metode absolut, jika ∅ pisau frais = 8 mm. Titik nol benda kerja tentukan sendiri. Kantong tersebut difrais dengan 2 kali jalan. Jadi dengan menggunakan sub program.




15. Untuk membor lubang  sesuai ganbar di bawah, gunakan data teknologi pemotongan dan air pendiingin (emulsi bor) untuk melindungi puncak mata bor.  Lubang-lubang yang lebih besar dari 10 mm, memerlukan pemboran awal. Gunakan G81, G82, dan G83.

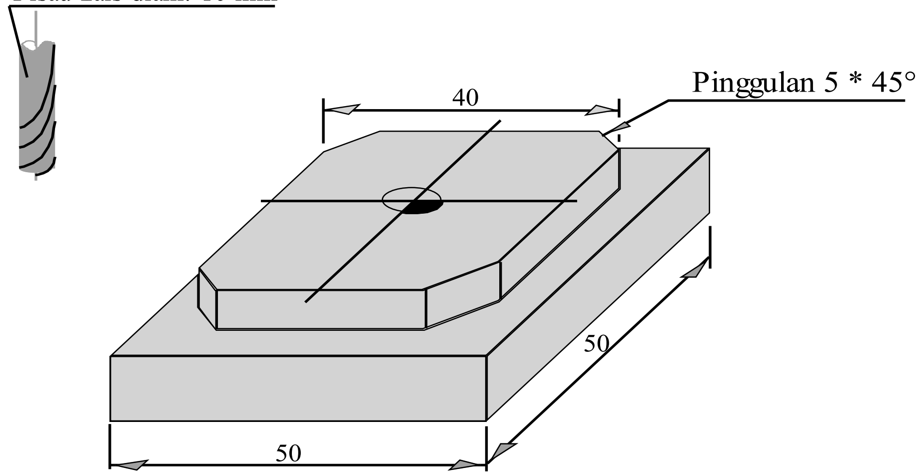


| | | |
|---|---|---|
| **SMK** ........................... | Kegiatan Belajar 12 | Lembar Tugas/Evaluasi |
| **Jurusan**: Mesin | | Kode: |
| **Mata Pelajaran**: Teknik Pemesinan CNC | **Pemfraisan Bidang Bertangga dan Berpinggul** | Waktu: 60 menit |
| **Kelas**: XII | | |

Prog. studi: CNC
Mata pelajaran: CNC
PEMFRAISAN BAHU
Waktu: 20 mnt. mt.p

7. Jelaskan prosedur penyetelan titik awal puncak mata alat potong (pisau frais) terhadap titik nol benda kerja.
8. Isilah tabel data sesuai dengan yang diperlukan.
9. Susun program CNC. Kedalaman alur = 5 mm.

1. Jelaskan prosedur penyetelan titik nol benda kerja seperti ditunjukkan pada g bar di bawah ini
2. Isi juga tabel data yang diminta dan susun program CNC pempraisan bahu.




PENYETELAN TITIK NOL TERHADAP TITIK NOL BENDA KERJA
No.
PEMFRAISAN BAHU
X Y Z F KETERAN

| Penyetelan puncak mata alat potong | | | | No. | Pemfraisan Alur □ 50 x 50 x 15 mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | **X** | **Y** | **Z** | **F** | Keterangan |
| **X** | **Y** | **Z** | Ket. | 1. | | | | | |
| | | | | 2. | | | | | |
| | | | | 3. | | | | | |
| | | | | 4. | | | | | |
| | | | | 5. | | | | | |
| | | | | 6. | | | | | |

| Bahan | Tool: HSS | | Toll: Carbide Tip | |
|---|---|---|---|---|
| | Cs = ... mm/min | F = … mm/put | Cs = ... mm/min | F = … mm/put |
| Aluminium | … | … | … | … |
| Mild Steel | … | … | … | … |
| ... | … | … | … | … |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Direktorat Pembinaan SMK** | | Alat Potong: HSS/Carbide<br>Bahan : Al / MS | |
| **Nama Pekerjaan**:<br>Setting Alat Potong dan Pemesinan secara manual | Skala: | Digambar: | D. Panjaitan |
| | 1 : 1 | Dilihat: | |
| | | Diperiksa: | |
| | | Disetujui: | |
| Waktu: ... (min) | Ukuran : mm | No. Lembar Kerja: Fr.002 | |

<table>
<tr><td>SMK ..........................</td><td rowspan="4">Kegiatan Belajar 12<br>Pemfraisan Bidang Bertangga dan Berpinggul</td><td>LEMBAR PENILAIAN:</td></tr>
<tr><td>Jurusan: Mesin</td><td>Pencapaian waktu: ... minit</td></tr>
<tr><td>Mata Pelajaran:<br>Teknik Pemesinan CNC</td><td rowspan="2">Nama Siswa:</td></tr>
<tr><td>Kelas: XII</td></tr>
</table>

| Dikerjakan tgl.: ... | Selesai tgl.: ... |
|---|---|

<table>
<tr><td rowspan="2">Komponen</td><td rowspan="2">Sub-Komponen</td><td colspan="2">Skor</td><td rowspan="2">Keterangan</td></tr>
<tr><td>Standar</td><td>Pencapaian</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Metode</td><td>1. Langkah Kerja:</td><td>3</td><td></td><td rowspan="14"></td></tr>
<tr><td>2. Sikap Kerja:</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Penggunaan Alat</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Keselamatan Kerja:</td><td>3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">Keterampilan</td><td>1. Ketepatan titik nol</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Dalam alur 5 mm</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Panjang 40 mm</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Lebar 40 mm</td><td>15</td><td></td></tr>
<tr><td>5. Kesejajaran</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td>6. Kesimetrisan</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>7. Kehalusan</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Waktu</td><td>1. Tepat</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Lambat</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Jumlah:</td><td>100</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">Predikat:</td></tr>
</table>

............................., .................

Guru Praktek,

...............................................

NIP. ....................................

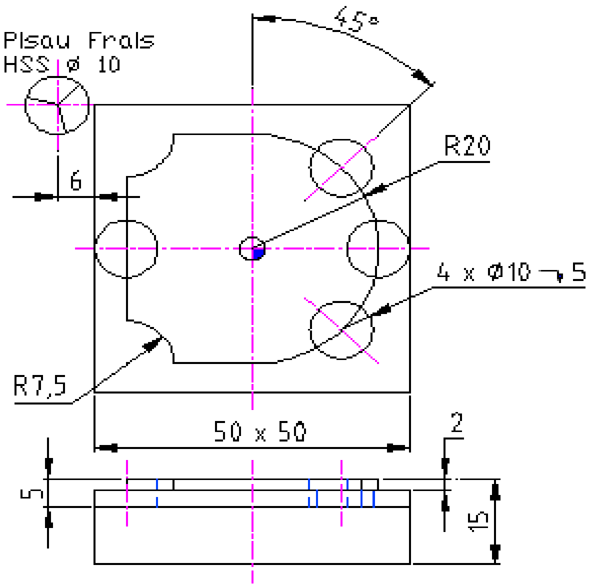
## LEMBAR PEMROGRAMAN

| N | G<br>M | X<br>I D | Y<br>J | Z<br>K | F L T<br>H | KETERANGAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | |
|---|---|---|
| **SMK** ............................ | Kegiatan Belajar 12 | Lembar Tugas/Evaluasi |
| **Jurusan**: Mesin | **Pemfraisan Bidang Radius dan Lubang** | Kode: |
| **Mata Pelajaran**: Teknik Pemesinan CNC | | Waktu: 75 menit |
| **Kelas**: XII | | |

1. Jelaskan prosedur penyetelan titik awal puncak mata alat potong (pisau frais) terhadap titik nol benda kerja.
2. Isilah tabel data sesuai dengan yang diperlukan.
3. Susun program CNC. Kedalaman alur = 5 mm.




| Penyetelan puncak mata alat potong | | | | No. | Pemfraisan Alur □ 50 x 50 x 15 mm | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **X** | **Y** | **Z** | Ket. | | **X** | **Y** | **Z** | **F** | Keterangan |
| | | | | 1. | | | | | |
| | | | | 2. | | | | | |
| | | | | 3. | | | | | |
| | | | | 4. | | | | | |
| | | | | 5. | | | | | |
| | | | | 6. | | | | | |

| Bahan | Tool: HSS | | Toll: Carbide Tip | |
|---|---|---|---|---|
| | Cs = ... mm/min | F = … mm/put | Cs = ... mm/min | F = … mm/put |
| Aluminium | … | … | … | … |
| Mild Steel | … | … | … | … |
| ... | … | … | … | … |

| | |
|---|---|
| **Direktorat Pembinaan SMK** | Alat Potong: HSS/Carbide<br>Bahan : Al / MS |

| | | | |
|---|---|---|---|
| **Nama Pekerjaan**: Setting Alat Potong dan Pemesinan secara manual | Skala: | Digambar: | D. Panjaitan |
| | 1 : 1 | Dilihat: | E. P. |
| | | Diperiksa: | N. P. |
| | | Disetujui: | Industri |
| Waktu: ... (min) | Ukuran : mm | No. Lembar Kerja: Fr.003 | |

<table>
<tr><td>SMK .........................</td><td rowspan="4">Kegiatan Belajar 12<br>Pemfraisan Bidang Radius dan Lubang</td><td>LEMBAR PENILAIAN:</td></tr>
<tr><td>Jurusan: Mesin</td><td>Pencapaian waktu: ... minit</td></tr>
<tr><td>Mata Pelajaran:<br>Teknik Pemesinan CNC</td><td rowspan="2">Nama Siswa:</td></tr>
<tr><td>Kelas: XII</td></tr>
</table>

<table>
<tr><td colspan="2">Dikerjakan tgl.: ...</td><td colspan="3">Selesai tgl.: ...</td></tr>
<tr><td rowspan="2">Komponen</td><td rowspan="2">Sub-Komponen</td><td colspan="2">Skor</td><td rowspan="2">Keterangan</td></tr>
<tr><td>Standar</td><td>Pencapaian</td></tr>
<tr><td rowspan="4">Metode</td><td>1. Langkah Kerja:</td><td>3</td><td></td><td rowspan="14"></td></tr>
<tr><td>2. Sikap Kerja:</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Penggunaan Alat</td><td>2</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Keselamatan Kerja:</td><td>3</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="7">Keterampilan</td><td>1. Ketepatan titik nol</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Posisi lubang bor</td><td>25</td><td></td></tr>
<tr><td>3. Panjang 40 mm</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td>4. Lebar 40 mm</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td>5. Kesejajaran</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td>6. Kesimetrisan</td><td>20</td><td></td></tr>
<tr><td>7. Kehalusan</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td rowspan="2">Waktu</td><td>1. Tepat</td><td>10</td><td></td></tr>
<tr><td>2. Lambat</td><td>5</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="2">Jumlah:</td><td>100</td><td></td></tr>
<tr><td colspan="5">Predikat:</td></tr>
</table>

..........................., .................

Guru Praktek,

..............................................

NIP. .....................................

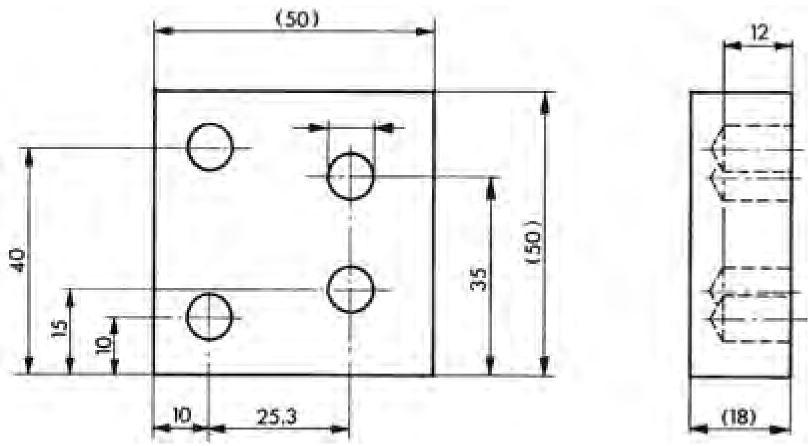
## LEMBAR PEMROGRAMAN

| N | G<br>M | X<br>I D | Y<br>J | Z<br>K | F L T<br>H | KETERANGAN |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |
| | | | | | | |

## d. Tes Formatif

1. Untuk membor lubang  sesuai ganbar di bawah, gunakan data teknologi pemotongan dan air pendiingin (emulsi bor) untuk melindungi puncak mata bor.  Lubang-lubang yang lebih besar dari 10 mm, memerlukan pemboran awal. Gunakan G81, G82, dan G83.



## 13. Kegiatan Belajar 13

# PEMPROGRAMAN ALAT POTONG

**Tujuan Pembelajaran:**

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 13 ini, siswa mampu;

1). mengidentifikasi alat potong (pisau frais)
2). mengidentifikasi kode T,
3). menggunakan M06
4). mejelaskan kompensasi panjang alat potong
5). Menjelaskan dan melaksanakan kompensasi radius pisau frais.

**Uraian Materi**

Mesin-mesin CNC industri moderen diperlengkapi dengan suatu fasilitas penyimpan alat potong yang disebut dengan gudang alat potong (magazine) atau *revolver*. Magazine ini mampu menyimpan sampai dengan 50-an lebih alat potong. Semua alat potong ini mempunyai data alamat posisi, termasuk penyimpanan data setiap alat potong, seperti selisih panjang dari alat referensi, dan nilai diameter. Oleh karena itu, alat potong yang dikehendaki dapat dipanggil pada program CNC melalui alamat T (T adalah singkatan dari tool)

Komputer diberi informasi posisi tujuannya atau posisi yang dikehendaki. Sistemnya adalah



dengan memindahkan titik nol alat potong (*tool reference*). Sementara titik tujuan dinyatakan mulai dari posisi aktual.

Pemprograman:

N ... M06 D ... S ... $H_Z$... T01

Gambar 13.1 Berbagai jenis pisau frais sesuai dengan penggunaannya.

M06 adalah fungsi *miscellaneous* untuk memanggil alat potong.

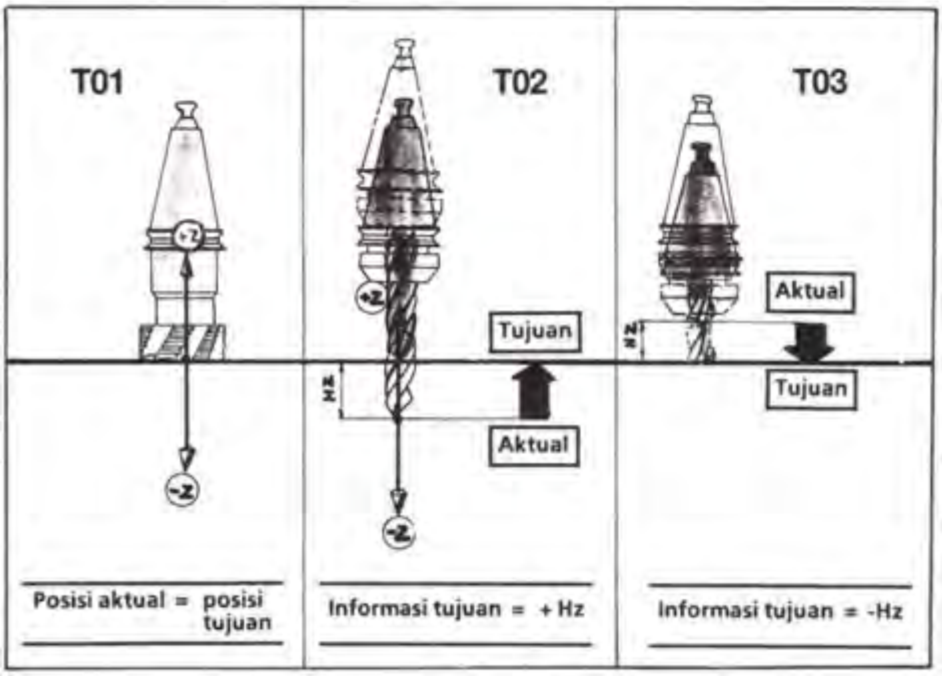
D adalah nilai radius alat potong (pisau frais).

S adalah kecepatan spindel sehubungan dengan data teknologi alat potong dan bahan benda kerja.

T.. adalah posisi penempatan pada *magazine*.

Hz adalah selisih panjang alat potong ke titik nol alat potong (titik referensi alat potong), perhatikan Gambar 13.2.

01 adalah nomor posisi penyimpanan alat potong pada *magazine*.




Gambar 13. 2 Hubungan antara masing-masing alat potong dalam $H_Z$.

Dari Gambar 13.2 di atas, bahwa tool referensi yang digunakan adalah T01 ($H_z$ = 0). Posisi T02 menunjukkan bahwa nilai $H_z$ nilainya positif (+) karena pisau fraisnya lebih panjang dari pisau frais pada T01. Sementara pisau frais pada T03 adalah lebih pendek dari pisau frais pada T01, sehingga nilai $H_z$ nya adalah negatif (–).

***T01***

**M06 D ... S ... / Hz = 0 T01**

***T02***

**M06 D ... S ... / Hz = + … T02**

***T03***

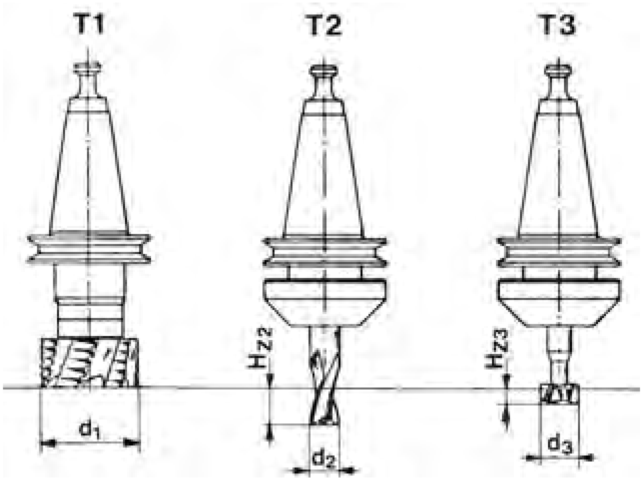
**M06 D ... S ... / Hz = – … T03**

Pada waktu pemesinan / pemfraisan suatu benda kerja, alat potong yang digunakan bisa lebih dari satu, yang perlu diketahui adalah:

- jenis alat potong
- pemakaian berbagai jenis alat potong
- posisi alat potong satu dengan yang lainnya.

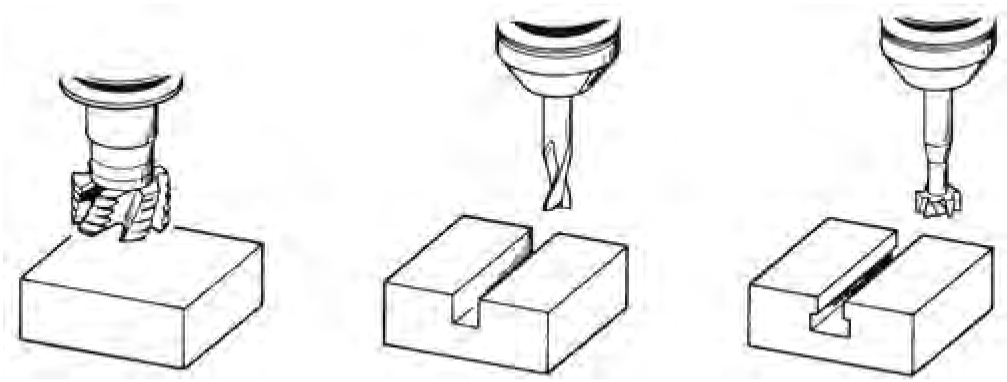
Dalam hal penggunaan pisau frais, jelas diameter diketahui, tetapi panjang yang satu dengan yang lainnya tidaklah diketahui, lihat Gambar 13.3. Perbedaan selisih panjang antara alat-alat potong harus diukur, dan hasil perbedaan ukurannya harus dimasukkan ke dalam komputer mesin melalui program CNC atau fasilitas penyimpan selisih panjang alat potong.

Jika tidak demikian, pisau frais bisa bergerak tanpa penyayatan atau bahkan menabarak benda kerja.




Gambar 13.3 Data pisau frais yang perlu diketahui

**Prosedur Menentukan Urutan Alat Potong**



T01 digunakan untuk pemfraisan permukaan

T02 digunakan untuk pemfraisan alur

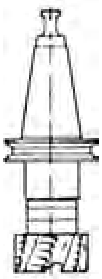
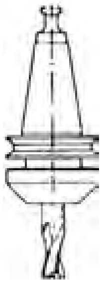
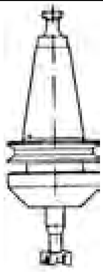
T03 digunakan untuk pemfraisan alur T

Gambar 13.4 Contoh penetapan urutan penggunaan pisau frais

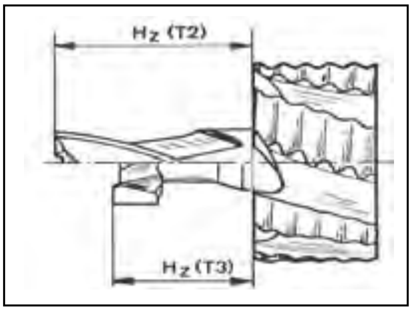
## 13.1 Penentuan Data Alat Potong

Data setiap alat potong yang diukur dan diperoleh haruslah tepat. Hal ini merupakan salah satu faktor yang menentukan tingkat ketelitian hasil pemfraisan. Oleh karena itu, pastikan dengan jelas diameter pisau frais yang

digunakan dan data ukuran selisih panjang masing-masing pisau frais dibandingkan dengan alat potong referensi.

| | T01 | T02 | T03 | T04 |
|---|---|---|---|---|
| |  |  |  | Letakkan alat potong ke dalam kolom yang sesuai.<br>Masukkan data teknologinya: |
| **d** | | | | Diameter pisau frais |
| **D = d/2** | | | | Radius pisau frais |
| **F** | | | | Kecepatan pemakanan |
| **t** | | | | Dalamnya pemotongan maksimal |
| **S** | | | | Kecepatan spindel |
| **$H_z$** | | | | Selisih panjanh alat potong |
| **$H_{zk}$** | | | | Koreksi selisih panjang alat potong |

Semua data di atas akan mempermudah penyusunan program CNC.

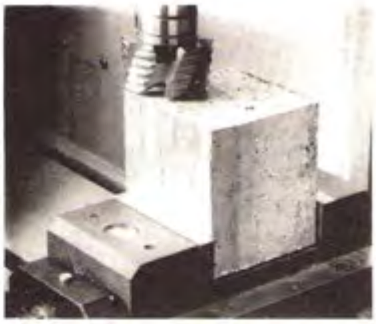



Selisih panjang alat potong harus diukur, dengan menggunakan alat ukur atau alat periksa sepeti dial indikator, atau dengan menyentuhkan puncak mata pisau frais ke permukaan bendak kerja.

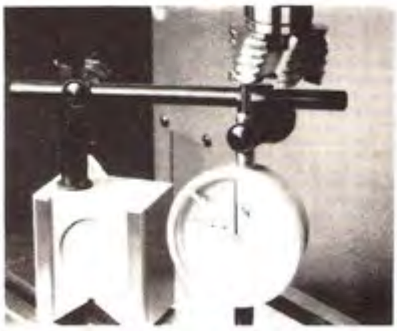
Gambar 13. 5 Ilustrasi selisih panjang pisau frais

## Pasang T01 (Pisau Frais Referensi)

Perolehaan data melalui selisih panjang penyentuhan puncak mata pisau frais ke permukaan benda kerja

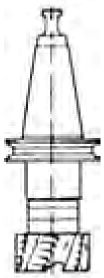


Perolehan data selisih panjang dengan menggunakan dial indikator. Setel dial indikator ke 0

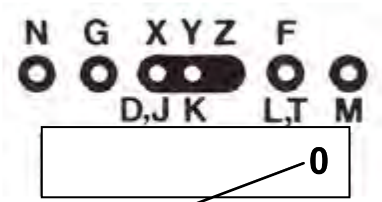


Gambar 13.6 Cara untuk mendapatkan data alat potong referensi (T01)

Hasil penyentuhan puncak mata pisau frais referensi ke permukaan benda kerja atau dengan bantuan dial indikator, dimasukkan dalam lembar data alat potong, lihat Gambar 13.7

| | **T01** | **T02** | **T03** | **T04** |
|---|---|---|---|---|
| |  | | | |
| **d** | | | | |
| **D = d/2** | | | | |
| **F** | | | | |
| **t** | | | | |
| **S** | | | | |
| **$H_z$** | 0 | | | |
| **$H_{zk}$** | | | | |

Tekan tombol DEL, sajian nilai pada alamat Z disetel 0 Sesuai Gambar 13.6

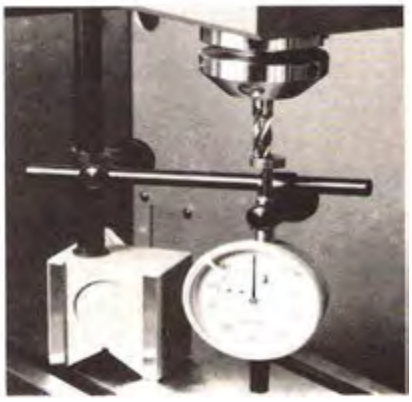



Gambar 13.7 Pencatatan data pisau frais referensi (T01).

## Pasang T02



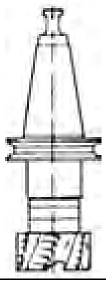
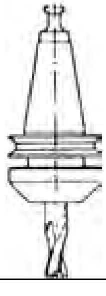
Sentuhkan puncak mata pisau prais ke 2 (T02) ke permukaan benda kerja, baca angka pada VDU, catat.

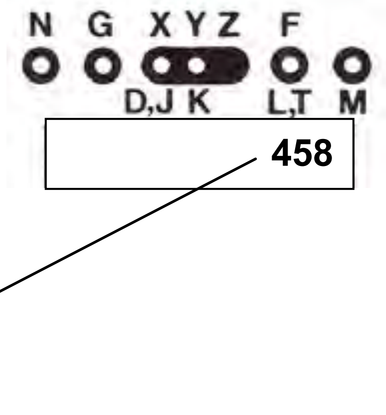


Sentuhkan ujung peraba dial indicator sampai menunjuk angka nol pada Gambar 13.6, lihat VDU, catat.

Gambar 13.8 Cara untuk mendapatkan data pisau frais (T02)

Lalu hasil kedua metoda seperti terlihat pada Gambar 13.8 , akan terbaca pada sajian kontrol mesin. Data yang terbaca ini selanjutnya dicatatkan ke lembar data alat potong, lihat Gambar 13.9.

| | T01 | T02 | T03 | T04 |
|---|---|---|---|---|
| |  |  | | |
| d | | | | |
| D = d/2 | | | | |
| F | | | | |
| t | | | | |
| S | | | | |
| $H_z$ | 0 | 458 | | |
| $H_{zk}$ | | | | |

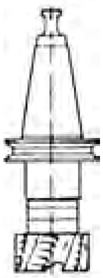
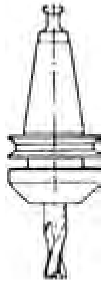
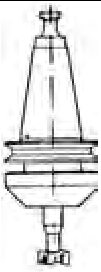



Gambar 13.9 Pencatatan data pisau frais (T02).

## 13.2 Kompensasi Panjang Alat Potong

Selama data selisih masig-masing alat potong diketahui, maka dapatlah dipertimbangkan berbagai panjang alat potong. Hanya perlu hati-hati, karena ini diperoleh melalui perhitungan, bisa saja terjadi kesalahan.

Semua data yang diperoleh hasil pengukuran diatas dimasukkan ke dalam lembar pemprograman CNC Frais unit didaktik

| | T01 | T02 | T03 | T04 |
|---|---|---|---|---|
| |  |  |  | |
| **d** | 40 | 10 | 16 | |
| **D = d/2** | 20 | 5 | 8 | |
| **F** | 80 | 160 | 40 | |
| **t** | 0.7 | 5 | 8 | |
| **S** | 1100 | 2000 | 2000 | |
| **$H_z$** | 0 | 458 | –320 | |
| **$H_{zk}$** | | | | |

***Catatan***: Jika pada alamat T(kolom F) tertulis angka 1, 2, 3, dan 4 pada blok M06, program akan tertahan, tetapi kalau angka 0, pemesinan terus.

Format blok untuk M06 ini adalah sebagai berikut:

| N | G<br>(M) | X<br>(I) (D) | Y<br>(J) (S) | Z<br>(K) | F<br>(L)(T)(H) | Keterangan |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | M06 | 2000 | 1100 | 0 | 01 | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | M06 | 500 | 2000 | 458 | 02 | |

| | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |
| ... | M06 | 500 | 2000 | –320 | 03 | |
| ... | ... | ... | ... | ... | ... | |

**Urutan Program Kompensasi Panjang Alat Potong**

Alat potong pertama (T01) punya nilai $H_z$ = 0

N ... M06 D2000 S1100 Z ($H_z$) = 0 T01

⇓

Pemesinan

⇓

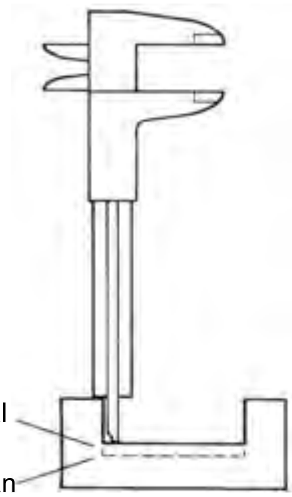
Ganti Alat Potong

⇓

N ... M06 D500 S2000 Z ($H_z$) = 458 T02

⇓

Mulai




Gambar 13.10 Pemeriksaan Benda kerja

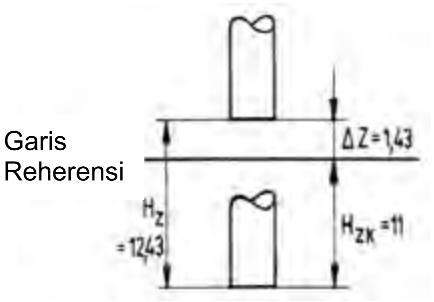
**Ralat Panjang Alat Potong**

Pemfraisan benda kerja telah selesai dikerjakan, tetapi hasil pengukuran kedalaman misalnya tidak tepat. Padahal prgram CNC dan posisi awal dari pisau sudah benar, lalu mengapa ukuran kedalaman salah?

Penyebabnya bisa saja karena nilai tujuan ($H_z$) tidak tepat, atau pisau perlu untuk di asah kembali.

**Informasi tujuan $H_z$ salah**

M06 / D ... Z +1243 T02




Informasi tujuan $H_z$ harus diralat

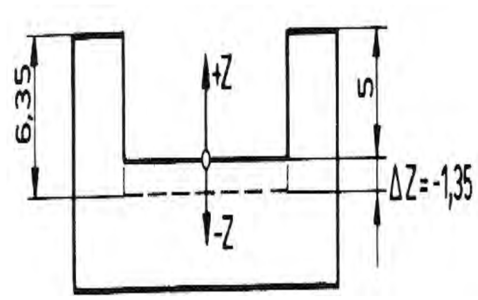
$H_{zk}$ = informasi tujuan yang diralat

$H_{zk} = H_z + (\pm \text{ nilai ralat } \Delta Z)$

M06 / D ... S ... Z +1100 T02

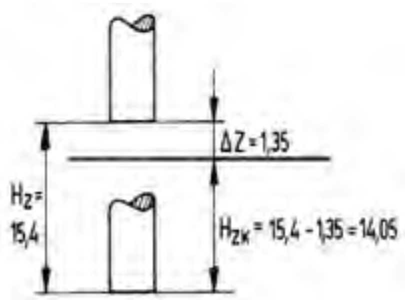
Gambar 13.10 Selisih hasil Pengukuran

**Meralat nilai $H_z$.**




Sebelum melakukan perbaikan ukuran hasil pemesinan, lakukan pengukuran sekali lagi untuk me-mastikan ketepatan ukuran benda kerja. Kalau sudah pasti ada kesalahan, lakukan pengecekan ukuran panjang alat potong (*setel ulang pisau frais*). Informasi $H_z$ harus diralat dengan nilai $\Delta Z$

Gambar 13.11 Selisih pengukuran $\Delta Z$




Sistem koorbinatnya harus dialih-kan ke posisi aktual Z dari benda kerja.

Tambahkan nilai ralat $\Delta Z$ ke informasi tujuan $H_z$ dari ujung alat potongnya.

Catatan: Nilai $\Delta Z$ bisa $\pm$

$H_{zk} = H_z + (\pm \Delta Z)$

$H_{zk} = 15.4 + (-1.35)$

$H_{zk} = 15.4 - 1.35$

$H_{zk} = 14.05$

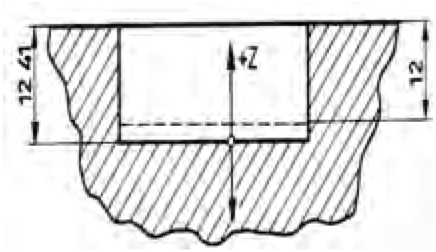
Gambar 13.12 Perbaikan ukuran

Nilai $H_{zk}$ (informasi tujuan yang diralat) = 14.05 di masukkan ke dalam lembar data alat potong dan ke memori komputer mesin.

Hal lainnya yang perlu diperhatikan dalam pemprograman M06:

Jika perintah G45, G46, G47, G48 dan/atau G72 diprogram, pada salah satu blok sebelumnya harus diprogram M06, jika tidak akan tertayang alaram ”**A16**” — Kurang informasi radius pisau frais.

Komputer memerlukan informasi kompensasi radius pisau frais D, untuk menghitung jalannya lintasan yang dikompensasi.




Gambar 13.13 Ukuran tujuan

Nilai $H_z$ terprogram (informasi aktual): –6.25 mm.

Ukuran benda kerja = aktual dan tujuan. Ralatlah nilai $H_z$-nya:

$H_{zk} = H_z + (\pm\Delta Z)$

Perhatikan tanda $\Delta Z$.

Tentukanlah $H_{zk}$-nya = ...

Benda kerja:

Nilai aktual T01 = 10.5 mm

Nilai aktual T02 = 5.2 mm

Nilai tujuan T01 = 10 mm

Nilai tujuan T02 = 6 mm

$H_{zk}$ T01 = ...

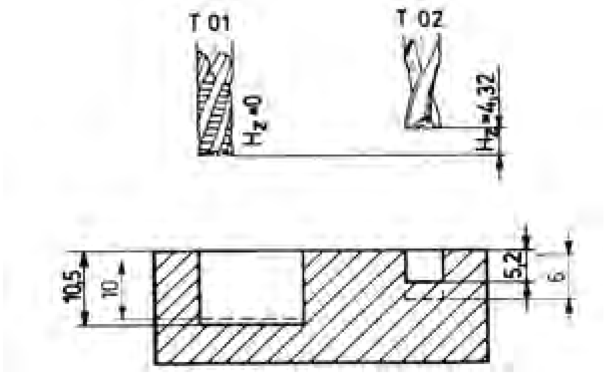
$H_{zk}$ T02 = ...

Hz dari T01 = 0

Hz dari T02 = –4.32

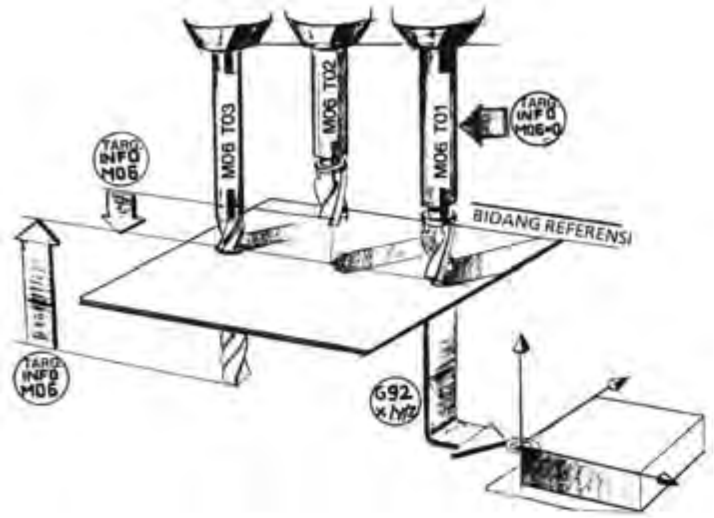
Lihat Gambar 13.14 di bawah

Ralatlah nilai-nilai T01 dan T02




Gambar 13.14 Nilai aktual dan nilai tujuan

**Hubungan Penggeseran Titik Nol — G92 Dengan Kompensasi Panjang Alat Potong — M06**




Gambar 13.15 Hubungan G92 dengan M06

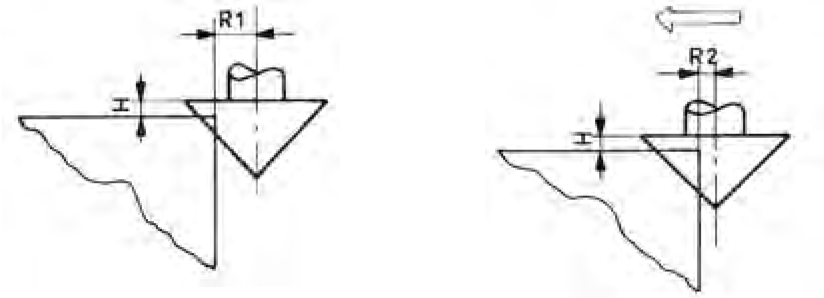
**M06**: Informasi Hz adalah informasi tujuan dalam inkremental, dalam sistem koordinat bebas.

**G92**: Sistem koordinat asli (System Coordinat Origin) ditentukan dengan G92.

## 13.3 Hubungan Penggeseran Titik Nol — G92 Dengan Kompensasi

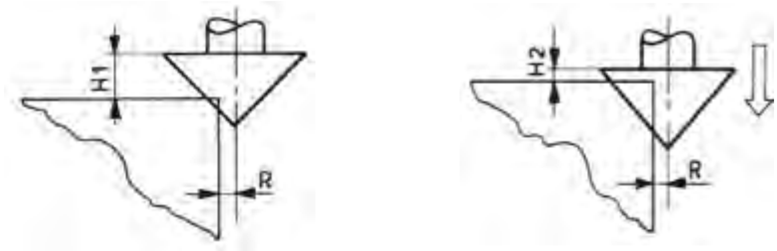
Biasanya pinggulan difrais pada sudut 45°. Ukuran pinggulannya ditentukan dengan lintasan terprogram atau oleh kontur pemotongan. Oleh karena itu;

1). Ukuran pinggulan ditentukan dari selisih antara sumbu pisau frais dengan sisi benda kerja, lihat Gambar 13.16.



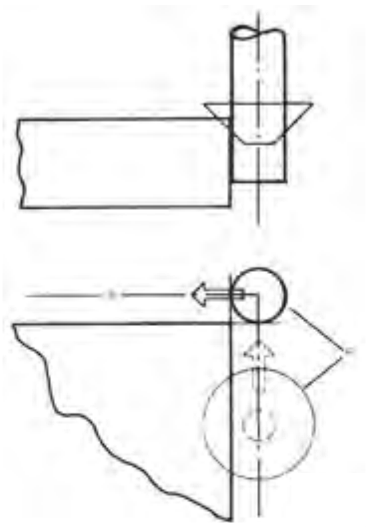

Gambar 13.16 Pinggulan dengan jarak dari sumbu pisau sudut ke sisi benda kerja

2). Ukuran pinggulan ditentukan oleh kedalaman alat potong turun pada sumbu Z, sementara lintasan alat potong tetap, lihat Gambar 13.17




Gambar 13.17 Pinggulan dengan kedalaman pisau sudut turun

**Pemprograman Pinggulan Tanpa Perubahan Jalannya Pisau Frais**



Konturnya difrais dengan menggunakan pisau frais berdiameter 10 mm. Untuk menghindari perlunya memprogram jalannya pisau baru untuk memfrais pinggulan, maka sudut pisau frais harus diprogram sehingga dicapai pinggulan 1 x 1 mm.

← Jalannya pisau frais jari = Jalannya pisau frais sudut

Gambar 13.18 Jalannya pisau jari = jalannya pisau sudut

Kedalaman Pisau Frais yang harus masuk = R pisau frais + Lebar pinggulan

Dengan jalannya pemfraisan menggunakan pisau jari ∅ 5 mm, dengan pisau sudut ∅ 6 mm, akan menghasilkan pinggulan 1 x 45°

**Dalamnya Lubang Dengan Bor Spiral**

Lubang tak tembus diukur ke bawah sampai ke dasar yang rata dari lubang yang bersangkutan. Jika panjangnya alat potong yang akan digunakan perlu

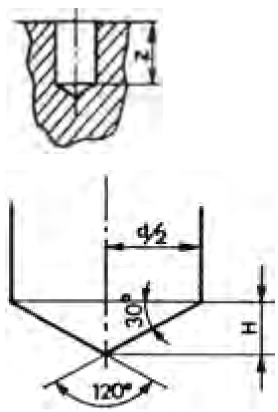
diketahui, gunakan tabel di bawah untuk mendapatkan pajang ujung sudut dari mata bor atau menghitung dengan menggunakan rumus:

$$\tan \propto = H / (d/2) \text{ atau}$$

$$H = \tan \propto \times (d/2) = \tan \propto \times r$$

Tabel 13.1 Tinggi bidang sudut Mata Bor

| Diameter Bor (mm) | H (mm) |
|---|---|
| 2 | 0.57 |
| 4 | 1.15 |
| 6 | 1.73 |
| 8 | 2.30 |
| 10 | 2.89 |
| 12 | 3.46 |
| 14 | 4.04 |
| 16 | 4.61 |




Gambar 13. 19 Tinggi sisi miring mata bor

**Data Mata Bor Untuk Lembar Alat Potong**:

Selalu kurangi nilai H dari data terukur jika akan melakukan pemboran, sehingga kedalamannya tepat, sesuai gambar.

## c. Tes Formatif

1. Yang perlu diketahui ketika dalam pemesinan / pemfraisan suatu benda kerja, alat potong yang digunakan lebih dari satu, antara lain adalah: ...
2. Jelaskan hubungan penggeseran Titik Nol — G92 dengan Kompensasi panjang alat potong!
3. Jelaskan hubungan penggeseran Titik Nol — G92 dengan Kompensasi radius alat potong!

4. Bila kedalaman lubang bor lebih dalam dari yang diminta dalam lembar kerja, tindakan apa yang harus dilakukan untuk mengatasi hal tersebut?
5. Apa yang dimaksud dengan;
   a. D
   b. S
   c. Hz
   d. Hzk

## 14. Kegiatan Belajar 14

# MEMASUKKAN PROGRAM CNC KE KONTROL

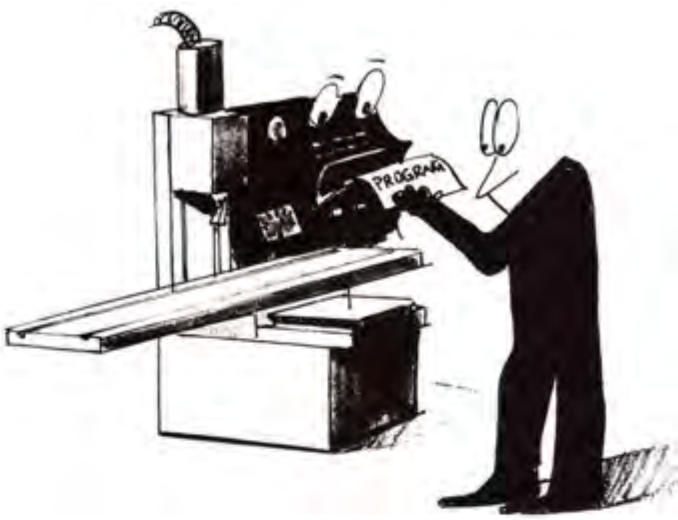
**Tujuan Pembelajaran:**

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 14 ini, siswa dapat;

1). mengidentifikasi papan tombol pemasukan program CNC
2). memasukkan program CNC ke kontrol mesin,
3). melakukan geometri dan uji jalan program CNC
4). mengedit program CNC melalui papan tombol mesin

**Uraian Materi**

Program CNC yang telah disusun berdasarkan kontur benda kerja, dapat dieksekusi setelah dimasukkan ke kontrol mesin melalui papan tombol yang terdapat pada panel (lemari kontrol) CNC unit didaktik.
Oleh karena itu, maka pada awal kegiatan belajar, telah diperkenalkan jenis dan fungsi dari berbagai tombol CNC, dan siswa dituntut harus mampu mengidentifikasi setiap tombol yang ada dan menguasai fungsinya masing-masing.



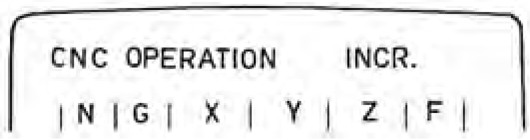
Gambar 14.1 Ilustrasi memasukkan program ke kontrol mesin

Mesin CNC unit didaktik dilengkapi dengan tombol-tombol pemasukan data program CNC. Pada panelnya sudah diformat media tampilan (***Visual Display Unit*** = ***VDU***) selaras dengan format blok yang telah dijelaskan pada kegiatan belajar terdahulu, lihat gambar 14.2, bandingkan format blok pemprograman dalam lembar program dengan format blok yang terdapat pada *VDU*.

a). Format blok Lembar kerja

| **N** | **G (M)** | **X (I) (D)** | **Y (J) (S)** | **Z (K)** | **F (L)(T)(H)** |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 3000 | 0 | 0 | |
| 01 | 00 | 0 | 0 | –2000 | |
| 02 | M30 | 0 | 2500 | 0 | |
| 03 | | | | | |

b). Format blok pada VDU




Gambar 14.2 Format blok (a) pada lembar kerja dan (b). pada panel kontrol mesin

Dengan media format blok antara lembar kerja dan VDU, akan membantu siswa lebih cepat menguasai teknik pemasukan data program CNC ke kontrol mesin. Di bagian atas masing-masing alamat dilengkapi dengan lampu indikator (***LED*** = ***Light Emulsion Display***) yang berfungsi memberitahukan bahwa alamat yang aktif adalah alamat di bawah lampu yang menyala.

Contoh:

Ketika moda CNC diaktifkan, lampu alamat yang sedang menyala pada VDU adalah lampu di atas alamat N (Nomor Blok), dan pada VDU terbaca angka 00, artinya kontrol siap menerima data pada blok N00. Untuk masuk ke alamat G, tekan tombol **INP** atau tombol ⇒, lampu di atas alamat G menyala, itu berarti alamat G siap di isi dengan kata yang dikehendaki. Jika yang dikehendaki adalah misalnya kata **01**, tekan angka **0** dan angka **1**, lalu tetapkan dengan tombol **INP**, selanjutnya lampu di atas alamat **X** akan menyala.

,

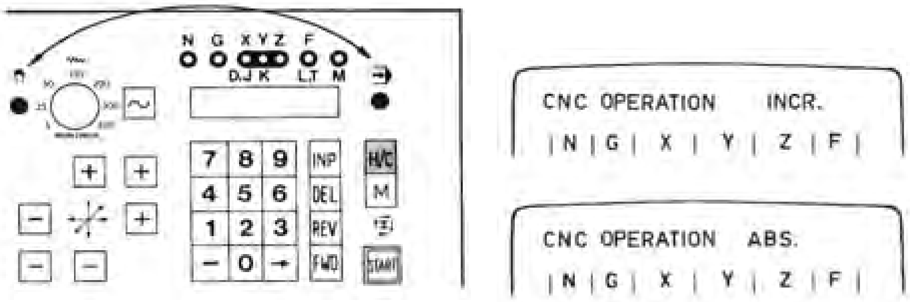
## 14.1 Pelayanan Absolut – Inkremental

Sesuai dengan penjelasan terdahulu bahwa metoda pemprograman ada dua yakni absolut dan inkremental. Kedua metoda ini dapat dilayani kontrol mesin sesuai kebutuhan.

Pada waktu mesin baru dihidupkan, pada VDU monitor akan terbaca salah satu tulisan ”INCR, singkatan dari increment , lihat Gambar 14.3 (b), artinya mesin siap dioperasikan langsung secara inkremental dalam moda Manual

(Hand operation = ), lihat Gambar 14. 3 (a). Moda CNC aktif bila tombol operasi CNC  ditekan

(a). (b)




Gambar 14.3 Tombol Manual dan tombol CNC (Tombol **H/C**)

Jika ingin masuk ke moda operasi CNC, tekan tombol **H/C**, dan mau kembali ke moda manual, tekan kembali tombol **H/C**.

Pada moda operasi CNC, alamat G diisi dengan kata 90 atau 92, maka pada VDU akan terbaca ABS, singkatan dari absolut, artinya bahwa program CNC disusun dengan metoda absolut.

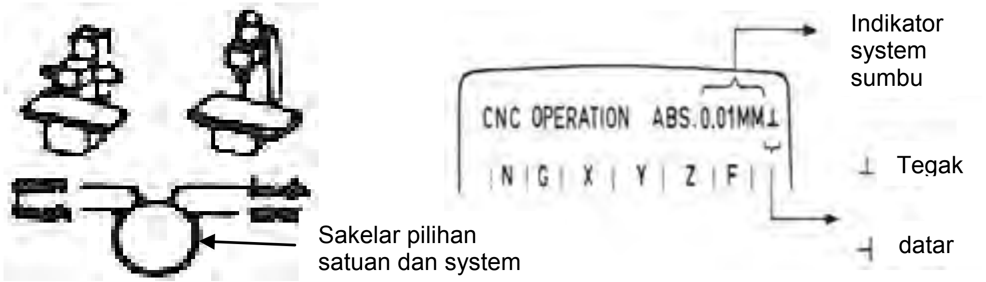
Dalam blok G25 dan 27, sajiaannya akan menghilang, karena komputer hanya mengenal notasi-notasi tersebut dalam program berjalan.

## 14.2 Mode Pelayanan Metrik – Inci

Mode pelayanan satuan metris dan inci dapat dipilih melalui sakelar pemilih. Karena negara Republik Indonesia biasanya bekerja dalam satuan metrik, maka sebaiknya sakelar pilih diposisikan pada posisi metrik. Jika antara satuan program dengan satuan pada kontrol mesin tidak selaras, akan tertayang alaram ”**A13**”. Jadi pada monitor harus terbaca 0.01 mm, artinya mesin sudah ditetapkan dalam moda satuan metrik dengan SPD 1/100 mm.

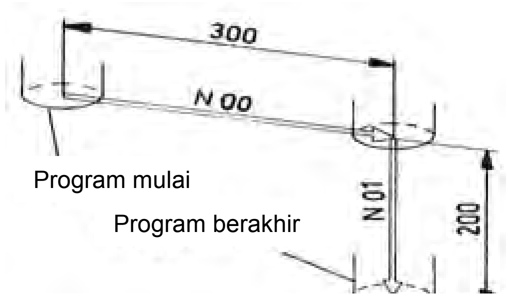
## 14.3 Sistem Persumbuan Tegak – Datar

Pada monitor, simbol tegak atau datar dapat dilihat, tergantung sakelar pilihan yang ditetapkan. Sakelar pilihan tegak atau datar ini menyatu dengan sakelar pilih satuan, lihat Gambar 14.4




Gambar 14. 4 Sakelar pilihan tegak atau datar dan simbol persumbuan aktif

## 14.4 Memasukkan Program CNC



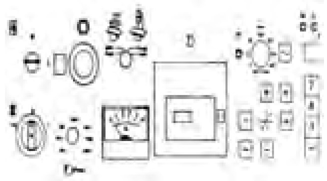

Berikut ini akan disajikan lembar program, dengan program CNC sesuai dengan Gambar 14.5 di samping.

Gambar 14.5 Lintasan pisau frais

Format blok Lembar kerja untuk Gambar 14.15

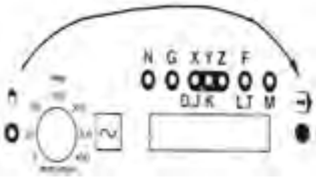
| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) | Z (K) | F (L)(T)(H) |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 3000 | 0 | 0 | |
| 01 | 00 | 0 | 0 | –2000 | |

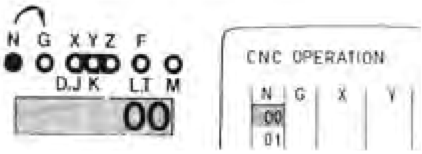
| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| 02 | M30 | 0 | 2500 | 0 | |
| 03 | | | | | |



1. Hidupkan sakelar utama:

   Lampu kontrol suplai arus dan lam-pu indikator manual menyala.




2. Tekan tombol **H/C**:

   Aktifkan mode pelayanan CNC, dan lampu alamat N menyala. Pada VDU terbaca angka 00.

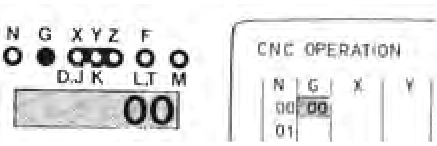



3. Tekan tombol **INP**:

   Dengan tombol **INP**, komputer akan mencatat N00, dan selanjutnya lampu indikator alamat G menyala.

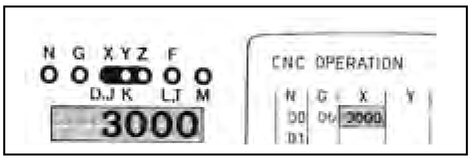
4. Ketikkan Informasi **G**:

   Melalui papan ketik yang terdapat pada panel kontrol, ketikkan kombinasi angka 0 dan 0, sehingga pada alamat G tertayang angka 00.



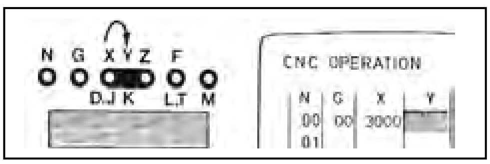

5. Tekan tombol **INP**:

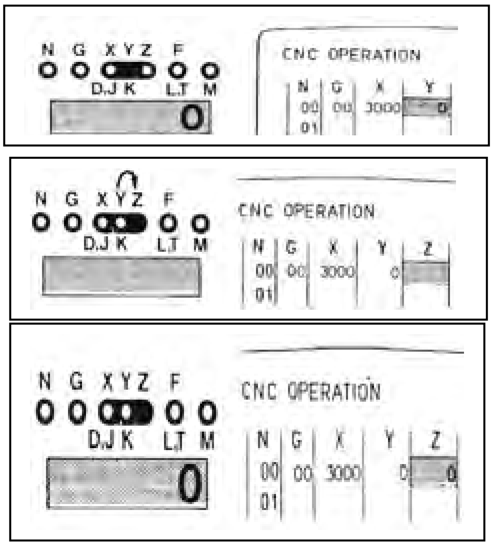
   Setelah menekan tombol INP, lampu indikator alamat **X** akan menyala. Dan alamat ini siap untuk diisi data.




6. Masukkan nilai **3000** pada alamat X.
7. Tekan tombol **INP**:

   Sajian melompat ke alamat **Y**, pada alamat ini terbaca kata untuk alamat Y= 0. karena data alamat Y memang harus nol, anda langsung bisa menerimanya.






8. Tekan tombol **INP**:

   Setelah menekan tombol **INP**, sajian melompat ke alamat **Z**, pada alamat ini terbaca kata untuk alamat Z= 0. karena data alamat Z memang harus nol, anda langsung bisa menerimanya.

   Lakukan prosedur yang sama, hingga semua nilai alamat pada blok N01 komplit masuk ke kontrol mesin.

9. **M30**: Program berakhir.
   - Masukkan N02
   - Lampu indiktor G menyala
   - Tekan tombol **M**, alamat **M** tertayang.
   - Ketikkan angka **3** dan **0**
   - Tekan tombol **INP**.
10. Tekan tombol **START**:

    Sajian melompat ke blok N00
11. Tekan tombol **START**:

    Eretan mesin bergerak sesuai de-ngan nilai-nilai alamat yang baru di-masukkan tersebut ke kontrol me-sin.

Pada blok **M06**, alamat yang dipakai adalah **D** (radius), **S** (*Spindle Speed* — Kecepatan Spindel, **T** (*Tool* = alat potong).

Pada blok **M99** yang dipakai ialah **I** (parameter radius arah sumbu X), **J** (Parameter radius arah sumbu Y), **K** (Parameterradius arah sumbu Z).

Pada blok **G25** yang dipakai adalah **L** (Alamat nomor blok sub program) dan

Pada blok **G27** yang dipakai adalah **L** (Alamat nomor blok lompatan)

## 14.5 Tombol Tanda minus ( **–** ) :

Sesuai dengan sistem koordinat kartesius, arah lintasan pisau frais bisa ke arah positif, bisa juga ke arah negatif. Apabila data alamat bergerak ke arah minus, dalam pengalamatan pun harus pakai tanda minus (**–**). Cara penggunaannya adalah dengan mengetikkan angka terlebih dahulu baru diikuti pengetikan tanda minus baru ditetapkan dengan tombol **INP**.

Contoh: Misalnya alamat X = – 1400, ketikkan tombol-tombol berikut secara berurutan **1** **4** **0** **0** **–** **INP**

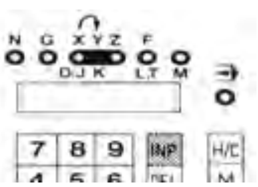
Tombol INP adalam singkatan dari INPut yang berfungsi sebagai tombol memori, atau tombol perintah kepada komputer untuk menyimpan nilai-nilai yang dimasukkan.

Dengan tombol INP, posisi kursor (alamat aktif juga dapat maju blok per blok.




Contoh: Memasukkan nilai X = 2350

- Lampu X menyala
- Ketikkan nilai 2350, pada VDU akan terbaca angka 2350. Angka ini masih berupa informasi, belum berada di dalam memori kontrol komputer.
- Tekan tombo **INP**, Setelah tombol INP ini ditekan, angkanya baru tersimpan, dan tidak terlihat lagi, sebab lampu aktif sudah berpindah ke alamat Y (alamat berikutnya)




Gambar 14.7 Tombol **INP**

Tombol tanda panah (⇒) tombol pelompat maju kata per kata. Bila tombol ini ditekan terus, kursor alamat akan melompat kata demi kata sampai akhir program.

Tombol **FWD** = singkatan dari ForWarD, tombol pelompat maju blok per blok. Jika posisi berada pada alamat X, lalu tombol FWD ditekan, maka posisi kursor alamat akan maju ke nomor blok berikutnya. Bila tombol ini ditekan terus, kursor alamat akan melompat blok demi blok sampai akhir program.

Tombol **REV** = Singkatan dari REVerse, tombol pelompat mundur blok per blok. Jika posisi berada pada kata Z, lalu tombol REV ditekan, maka posisi kursor alamat akan mundur ke nomor bloknya. Bila tombol ini ditekan terus, kursor alamat akan melompat mundur blok demi blok sampai awal program (N00).

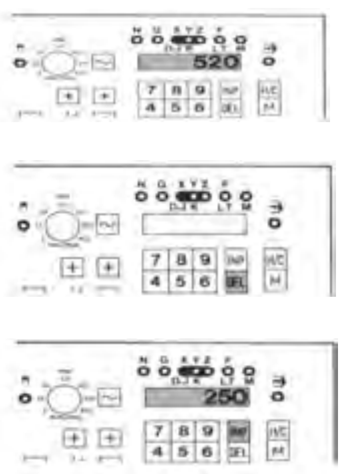
Tombol **DEL** = Singkatan dari DELete, berfungsi untuk membatalkan atau menghapus kata.

Perhatikan, bahwa ketika ada salah satu kata akan dihapus dengan tombol DEL, maka yang terhapus adalah yang terlihat kata (*word*) pada VDU, bukan nilai yang tersimpan. Untuk menghapus sama sekali yang tersimpan adalah dengan mengganti dengan kata yang dikehendaki, lalu ditetapkan dengan menekan tombol INP.

Contoh:

Kata 520 yang tersimpan pada alamat X akan diganti menjadi 250, caranya adalah;

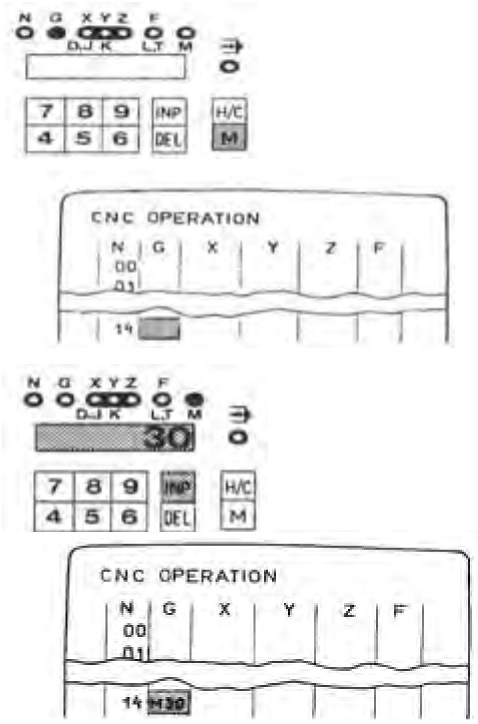
- Pada alamat X, Tekan tombol DEL, maka nilai 520 akan hilang.
- Ketikkan nilai (kata) yang benar, dalam hal ini misalnya 250. Ketikkan angka tersebut lalu tetapkan dengan menekan tombol INP. Sekarang nilai (kata) yang benar telah tersimpan pada alamat X, lalu lampu pada alamat berikutnya akan menyala.




Gambar 14.8 Perbaikan kata

## 14.6 Tombol Tanda M:

Tombol **M** ditempatkan pada panel kontrol, di bawah tombol H/C, lihat Gambar 14.9. Nilai M diprogram pada lamat G (satu kolom dengan alamat G).




Gambar 14.9 Memasukkan M30

Contoh memasukkan M30:

Lampu indikator alamat G harus menyala, lalu tekan tombol **M**, selanjutnya tekan kombinasi angka (kata) 3 dan 0, kemudian tetapkan atau simpan dengan menekan tombol **M**.

Perhatikan bahwa;

- nilai M tidak terambil alih dengan menekan tombol **INP**.
- Jika tombol **INP** ditekan setelah M30, programnya akan melompat ke blok N00.

## 14.7 Pengambilalihan nilai tersimpan ke dalam blok berikutnya:

Bila tombol INP ditekan pada salah satu alamat, pencatat atau penyimpan akan mengambilalih nilai atau kata yang dimasukkan terdahulu pada alamat yang sama. Tidak persoalan apakah kata yang terakhir berada di bawah atau di atas, yang jelas kontrol akan mengambil alih data alamat yang sama dan yang terakhir disimpan.

## 14.8 Menyisipkan dan Menghapus Blok:

Penekanan kombinasi tombol ~ + **INP** = menyisipkan blok

Penekanan kombinasi tombol ~ + **DEL** = menghapus blok

Tekan terlebih dahulu tombol ~ sambil menahan tekanan pada tombol tersebut, tekan juga tombol **INP**. Jika tombol ditekan lebih dari 0.6 detik, berarti akan disisipkan garis-garis kosong dengan G21. Pada blok ditekan tombol ~ + **INP** akan muncul blok G21 (blok sisipan), blok sebelumnya akan bergeser ke bawah. Selanjutnya, blok sisipan tersebut boleh diisi dengan kata-kata yang diperlukan untuk masing-masing alamat mulai dari G/M, X (I) (D), Y (J) (S), Z (K), F(L)(T)(H) yakni dengan menghapus kombinasi angka 21 terlebih dahulu.
Sementara untuk menghapus blok yang tidak diperlukan adalah dengan menenpatkan kursor pada nomor blok yang mau dihapus, lalu tekan tombol-tombol ~ + **DEL**. Dengan demikian, semua nomor blok setelah dihapus akan naik ke atas.

## 14.9 Menghapus program tersimpan;

Untuk menghapus program dari memori EPROM, dapat dilakukan dengan;

- mematikan sakelar utama atau
- menekan tombol darurat atau
- menekan secara bersamaan tombol **DEL** + **INP**. Tekan dulu tombol **DEL** baru diikuti dengan tombol **INP** (tombol **DEL** tetap ditekan).

**Urutan Program**;

1). Uji jalan.
Programnya jalan di dalam komputer tanpa gerak eretan.

2). Pelayanan blok tunggal.
Programnya dijalankan blok demi blok, dan eretan bergerak sebagaimana diprogramkan.

3). Pelayanan Otomatis.
Seluruh program dijalankan.

## 14.10 Uji Jalan:

Dengan uji jalan ini, program berjalan di dalam kontrol mesin, tetapi tidak ada pergerakan eretan.

**Tujuannya** adalah:

- Untuk menemu tunjukkan kesalahan dalam program CNC.
- Dengan pemprograman absolut, akan diidentifikasi kesalahan dalam interpolasi lurus atau melingkar, seperti penggerakan 3 sumbu secara bersamaan, atau salah menetapkan titik tujuan kuadran, dan lain-lain.
- Memeriksa susunan perintah-perintahnya sub program atau perintah lompat.

**Syarat**:

1).penunjukan harus pada alamat N.

2).tombol M harus ditekan blok per blok.

## 14.11 Pelayanan Blok Tunggal:

Dengan uji jalan, kita tidak pernah dapat melihat apakah kita menjalankan pelintasan dengan G00 atau G01 dan atau apakah arahnya benar (±).

| | N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) |
|---|---|---|---|---|
| 1 + START → | 00 | 00 | 3000 | 0 |
| 1 + START → | 01 | 00 | 0 | 0 |
| | 02 | M30 | 0 | 2500 |
| | 03 | | | |

Contoh:

- Blok N00

  Penunjukan blok ada pada N00

⇓

- 1 + START

  Tekan tombol 1 kemudian tombol START (tombol 1 harus tetap ditahan)

  Dalam hal ini, blok N00 diker-jakan. Monitor menunjukkan ”tinggal dalam blok N01”

- Blok N01

  Penunjukan blok ada pada N01, tekan lagi tombol **1** + **START**

  ⇓

Bloki N01 dikerjakan

⇓

Monitor menunjukkan ”tinggal dalam blok N02”

Demikian seterusnya hingga kebenaran semua blok program diuji.

3 + START →

| N | G (M) | X (I) (D) | Y (J) (S) |
|---|---|---|---|
| 00 | 00 | 3000 | 0 |
| 01 | 00 | 0 | 0 |
| 02 | M30 | 0 | 2500 |
| 03 | | | |
| 04 | | | |

Jika tombol **3** + **START** dite-kan, maka akan dikerjakan 3 blok sekaligus. Sampai de-ngan 9 blok dapat diuji dengan sekali menekan yakni **9** + **START**.

Jika tombol **INP** + **FWD** dite-kan bersamaan, eretan akan berhenti. Jika tombol **START** ditekan, program akan berlan-jut.

**Mengganggu program**:

Tekan tombol-tombol **INP** + **REV**, program berhenti dan kembali ke blok N00.

## 14.12 Pelayanan Otomatis/Pemesinan dengan CNC:

Dengan menekan tombol **START**, program akan berjalan sampai berhenti terprogram (M00) atau sampau M30.

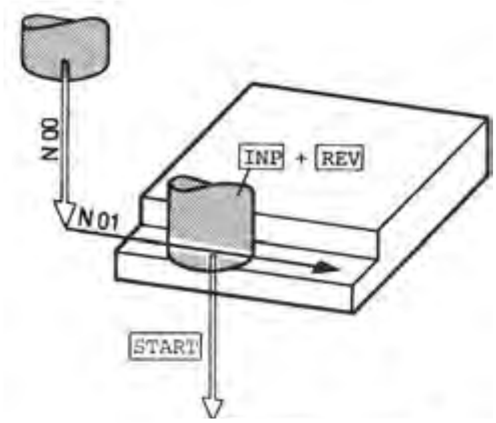
Melanjutkan program setelah berhenti terprogram adalah dengan menekan tombol **START**.

Program berhenti:

- Berhenti terprogram M00
- Dalam hubungannya dengan M06, jika dalam alamat T (F) diprogram salah satu angka 1 sampai dengan 499 (dalam mode pelayanan inci 1 sampai

dengan 199). Jika diprogram T = 0, mesin tidak akan berhenti, alias jalan terus.

Program dapat diganggu ketika sedang jalan, yakni dengan penekanan tombol **INP** + **REV** (Program berhenti) dan tombol **INP** + **FWD** (Mengganggu program).




AWAS MENABRAK!!!

Jika tombol START ditekan setelah menekan tombol INP + REV, program akan dimulai lagi dari blok N00. Oleh karena itu, hati-hati penggunaan kedua tombol ini, karena posisi puncak mata alat potong tidak pada posisi awal! Bisa menabrak benda kerja arau meja mesin. Perhatikan Gambar 14.8. Untuk menghindari tabrakan, pisau frais harus disetel kembali, untuk mengembalikan puncak mata alat potong ke posisi awal.

Gambar 14.8 Posisi pisau frais setelah menekan tombol INP + REV

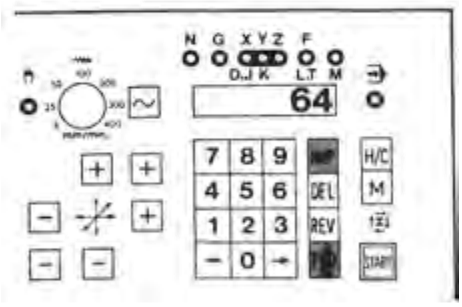
Program juga dapat dihentikan dengan menekan tombol **INP** + **FWD** secara bersamaan. Untuk melanjutkan program, tekan tombol **START**.

Mengganggu program dengan menekan tombol **INP** + **FWD** merupakan penghentian pemesinan (operasi pelintasan eretan) pada sembarang blok yang dikehendaki. Fungsinya sama dengan penggunaan **M00** (berhenti antara). Bedanya adalah **M00** terprogram (sudah direncanakan) , sementara penekanan tombol **INP** + **FWD** situasional (tidak terencana) hanya ketika dianggap perlu. Dengan tombol **INP** + **FWD**, program berhenti pada blok dihentikan, dan akan dilanjutkan ketika tombol **START** ditekan.

**Mengapa mengganggu program?**

Program perlu dihentikan, apabila ope-rator melihat perlu untuk;

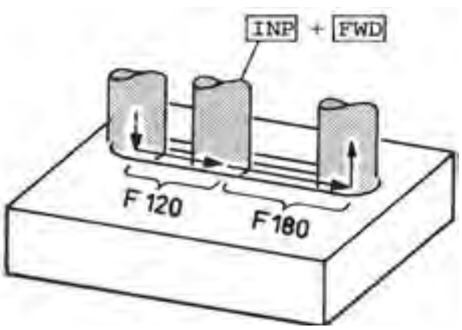
- mengubah kecepatan pemakanan,
- melakukan pengukuran,
- berpindah ke pelayanan manual, dan melakukan pembetulan penye-telan pisau frais,
- mengedit (meralat) program CNC.




Gambar 14.9 Penekanan tombol INP + FWD

**Efektifitas pengeditan (ralat) de-ngan mengganggu program.**

- meralat kecepatan pemakanan,
  Ralat kecepatan pemakanan lang-sung efektif pada blok yang digang-gu (dihentikan)
- Ralat nilai-nilai alamat G, M, X, Y, dan Z hanya efektif pada program berikutnya
- Ralat nilai-nilai alamat G, M, X, Y, dan Z dalam urutan blok akan efektif bila program dilanjutkan.




Gambar 14.10 Efektifitas koreksi kece-patan pemakanan.

## c. Tes Formatif

1. Apakah yang dimaksudkan dengan Uji jalan, dan apa tujuannya!
2. Bilakah kita perlu menekan tombol INP +FWD secara bersamaan?

3. Apakah bedanya penekanan tombol INP + REV dengan INP + FWD?
4. Apakah yang menjadi prasyarat program uji jalan, sebutkan!
5. Apakah maksudnya penekanan tombol 5 + START, jelaskan!

## 15. Kegiatan Belajar 15

# ALARAM

**Tujuan Pembelajaran:**

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar 15 ini, siswa mampu;

1). Mengidentifikasi alaram yang terjadi dan
2). Mengatasi masalah penyebab alaram.

**Uraian Materi**

Jika data yang dimasukkan atau yang disimpan tidak dikenal komputer, atau jika ada sesuatu data informasi penting lupa diprogramkan, atau bahkan salah blok untu sub program, komputer akan memberikan tanda alaram, lihat Gambar 15.1




Gambar 15.1 Penunjukan Alaram

## 13.1. Jenis Alaram

Ada 18 jenis alaram yang dikenal dalam Mesin CNC unit didaktik, yakni:

| JENIS | URAIAN , PENYEBAB | Tindakan |
|---|---|---|
| **A00** | Salah perintah G atau M | Perbaiki atau ganti kata yang terdapat dalam alamat alamat G atau M dengan kata yang benar |
| **A01** | Salah radius / M99<br>Penyebab 1:<br>Radius lebih besar dari nilai yang diizinkan | Koreksi data radius |
| | Penyebab 2:<br>Salah nilai koordinat akhir dari busur lingkaran | Koreksi data koordinat parameter radius |
| **A02** | Salah nilai X | Koreksi data pada alamat X, lihat daftar untuk nilai-nilai yang diizinkan. |
| **A03** | Salah nilai F | Perbaiki nilai pada alamat F, lihat daftar untuk nilai-nilai yang diizinkan. |
| **A04** | Salah nilai Z<br>Penyebab:<br>• Nilai Z yang diizinkan terlampaui<br>• Gerakan tiga dimensi dalam pemprograman absolut | Koreksi data pada alamat Z |
| **A05** | Tidak ada perintah M30 | Masukkan M30 pada akhir program |
| **A06** | Tidak ada perintah M03 (hanya muncul pada | Masukkan M03 dan Sakelar sumbu utama harus pada posisi CNC, atau |

| | | |
|---|---|---|
| | proses penguliran) | hidupkan spindel mesin |
| **A07** | Kosong | - |
| **A08** | Pita kaset habis, pada perekaman | • Tekan tombol **INP** + **REV** bersa-maan untuk memutar balik pita ke awal , hingga pembacaan di-gital menunjukkan N00.<br>• Ganti kaset / disket dan ulangi pelayanan pemuatan |
| **A09** | • Program yang dipilih tidak ditemukan | • Tekan tombol **INP** + **REV** bersa-maan untuk memutar balik pita ke awal , hingga pembacaan di-gital menunjukkan N00.<br>• Ganti kaset / disket untuk menca-ri nomor program tersimpan. |
| | • Program yang dipilih ti-dak penuh tersimpan pada waktu perekaman | • Tekan tombol **INP** + **REV** bersa-maan untuk memutar balik pita ke awal , hingga pembacaan di-gital menunjukkan N00.<br>• Ganti kaset / disket untuk menca-ri nomor program tersimpan. |
| **A10** | Pita kaset dalam pengamanan | Tekan tombol **INP** + **REV** bersama-an untuk memutar balik pita ke awal, hingga pembacaan digital menunjukkan N00.<br>Atau pasang kembali pengamannya |
| **A11** | Salah memuat (Load)<br>**Penyebab 1**:<br>• Motor dihidupkan atau sedang hidup selama pemuatan (dari pita ke kontrol mesin). Program | • Matikan motor<br>• Tekan tombol **INP** + **REV** bersa-maan untuk memutar balik pita ke awal, hingga pembacaan di-gital menunjukkan N00.<br>• Ulangi layanan pemuatan |

| | | |
|---|---|---|
| | pada pita ti-dak rusak dengan dihi-dupkannya motor. | |
| | **Penyebab 2**:<br>• Program pada pita ru-sak. Kerusakan meka-nis pada pita, kesalah-an sumber tenaga, atau mesin dimatikan ketika sedang berputar balik. | Pindahkan program ke pita baru |
| **A12** | Salah pengecekan:<br>• Pita rusak<br>• Ada gangguan pulsa dari penghantar listrik, ada kilat, transformator solder hidup ...) Dua nomor yang sama, yang dipanggil adalah yang pertama. Jika yang pertama bermasa-lah, maka akan muncul alaram **A11** | • Tekan tombol **INP** + **REV** bersama-an untuk memutar balik pita ke awal, hingga pembacaan di-gital menunjukkan N00.<br>• Simpan program yang sama dengan nomor program baru.<br>• Ganti pita baru. |
| **A13** | Pemindahan inci/mm dengan memori program penuh | Posisikan sakelar pilihan sesuai dengan satuan pemprograman |
| **A14** | Salah posisi kepala frais Unit jalannya termuat ⊥/M atau /M | Sesuaikan posisi kepala frais sesuai dengan program CNC |
| **A15** | Salah nilai Y | Koreksi data pada alamat Y |
| **A16** | Tidak ada data radius | Masukkan nilai radiua pisau frais pada |

| | | |
|---|---|---|
| | pisau frais | blok M06, alamat D ... |
| **A17** | Salah sub program.<br>Penyebab:<br>Sub program dilaksanakan lebih dari lima kali | Perhatikan pengalamatan nomor lompatan (sub program) |
| **A18** | Lintasan kompensasi radius pisau frais lebih kecil dari nol | Sesuaikan data lintasan X dengan besarnya nillai pada alamat D |

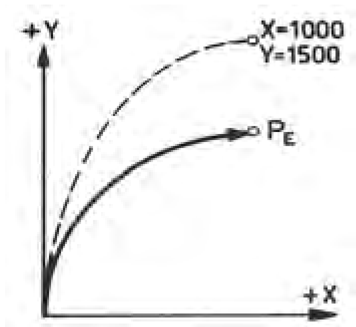
Ketika terjadi alaram,.penunjukan alaram tersebut dapat dihilangkan dengan menekan tombol **INP** + **REV** secara bersamaan, selanjutnya tindakan perbaikan baru dapat dilakukan.

## 15.2 Uraian Tambahan:

**A01**: Salah Radius atau Parameter M99

***Kemungkinan 1***:

Radius lebih besar dari pada nilai yang diizinkan.




Gambar 15.2 Nilai koordinat akhir salah

***Kemungkinan 2***:

Salah nilai koordinat akhir dari busur lingkaran

Contoh: dengan metoda inkremental

N ... / G02 X1000 / Y 1500

Koordinat X = 1000; Y = 1500, tidak mungkin koordinat akhir dari seperempat lingkaran.

Contoh: dengan metoda absolut:

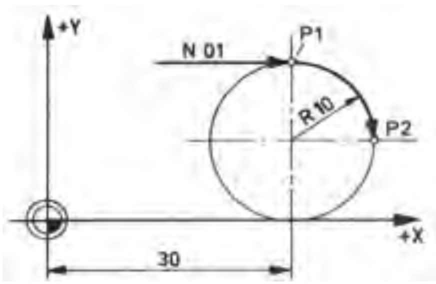
- Pada blok N01 diprogram $P_1$.
- Pada blok N02 diprogram seperempat lingkaran (koordinat $P_2$). Nilai X, Y nya benar. Nilai Z berarti interpolasi radius dalam bentuk spiral yang tidak dikenal oleh kontrol (komputer) mesin.

Tanda alaram ini tidak muncul pa-da waktu memasukkan program, tetapi selama uji jalan, pada pela-yanan otomatis atau blok tunggal.

Pada waktu pemasukan program, komputer hanya akan mengecek isinya dalam satu blok, tidak mengecek nilai Z pada blok se-belumnya.

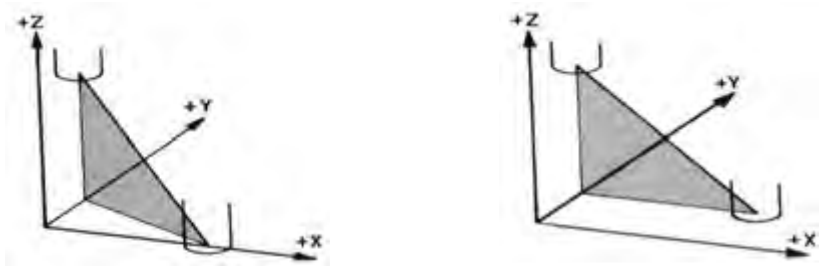
| N | G | X | Y | Z | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 90 | | | | |
| 01 | 01 | 3000 | 2000 | 0 | 100 |
| 02 | G02 | 4000 | 1000 | 30 | 100 |
| 03 | M30 | | | | |
| 04 | ... | ... | ... | ... | ... |

Alaram




Gambar 15.3 Pemfraisan radius dari $P_1$ ke $P_2$

**A04**: Salah nilai Z




Gambar 15.4 Arah lintasan salah

Alaram ini hanya muncul pada uji jalan, layanan blok tunggal atau otomatis, karena kesalahannya tidak dapat diidentifikasi ketika memasukkan program.

Monitor menampilkan: Nilai Z sa-lah; Komputer mau menerima nilai X dan Y selama interpolasi ter-sebut dapat

| N | G | X | Y | Z | F |
|---|---|---|---|---|---|
| 00 | 90 | | | | |
| … | … | … | … | … | … |
| … | … | … | … | … | … |
| 10 | 00 | 0 | 1500 | 3000 | |
| 11 | 00 | 3000 | 0 | 0 | ... |

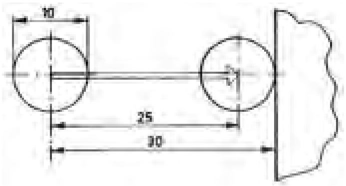
Alaram

dilaksanakan, tetapi kemudian akan ditunjukkan bahwa itu salah.

Meskipun nilai alamat Y pada blok 11 diganti dari 0 ke 1500, kompu-ter akan tetap menunjukkan ba-hwa nilai Z salah.

**A18**: Gerakan kompensasi radius pisau frais lebih kecil dari nol.

Contoh:



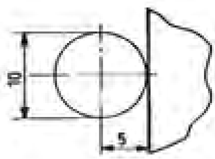

1). Dengan G46 → Pengurangan satu kali radius pisau frais.

M06 D500 S ... Z ... F ...

G46

G00 X3000 Y0 Z0

Pisau bergerak 30 – 5 = 25 mm




2). M06 D500 S ... Z ... F ...

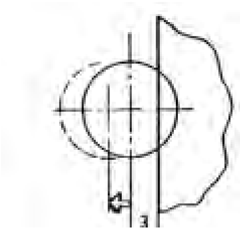
G46

G00 X500 Y0 Z0

Pisau bergerak 30 – 5 = 25 mm

Tidak ada lintasan:

Radius pisau = jalannya lintasan.




3). M06 D500 S ... Z ... F ...

G46

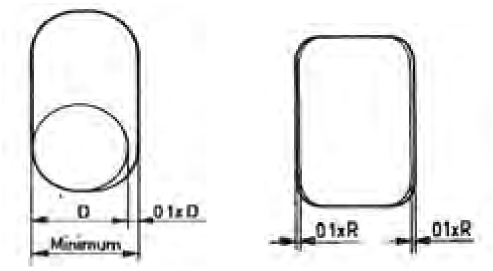
G00 X300 Y0 Z0

Alaram

Lintasan X = 300 adalah lebih kecil dari pada radius pisau frais, di mana 300 – 500 = –200.

Gambar 15.5 Pengaruh kompensasi radius

**A18** pada pemfraisan kantong:




Ukuran alur/kantong harus legih besar dari diameter pisau atau paling tidak harus sama, karena penyayatan penghalus-an 2 x 0.1 R (radius) adalah tetap dalam siklus G72.

∅ pisau frais + 0.1 x ∅ pisau

Contoh: Diameter pisau = 10 mm, maka ukuran minimal kan-tong: D + 0.1d

= 10 + (0.1 x 10) = 11 mm.

Gambar 15.6 Hubungan lebar kantong dengan ∅ pisau

## c. Tes Formatif

1. Jelaskan apa yang dimaksud dengan A05, dan bagaimana mengatasinya!
2. Jelaskan apa maksudnya nilai koordinat akhir salah!
3. Pada proses apakah terjadi A18?, dan bagaimana mengatasinya?
4. Bilakah terjadi alaram 06?
5. Pada situasi yang bagaimanakah terjadi Alaram A01?

Diunduh dari BSE.Mahoni.com

# DAFTAR PUSTAKA


Gibbs David & Crandel M. Thomas, Dasar-Dasar Teknik dan Pemrograman CNC, Penerbit PT Remaja Rosdakarya Offset, 1991, Bandung

Krar S. F. et-al, Technology of Machine Tools, Second Edition, McGraw-Hill, Inc, 1977, Toronto.

Krar Steve & Athur Gill, CNC Teknology and Programming, McGraw-Hill Book Company, 1990, Singapore.

Koren Yoram, Computer Control of Manufacturing System, McGraw-Hill Book Company, 1983, Singapore.

Olivo Thomas C., Basic Machine TechnologyBobbs-Merril Education Publishing, 1980, Indianapolis

Pusztai Joseph and Sava Michael, Computer Numerical Control, Reston Publishing Company, Inc, 1983, Virginia.